

3100099010883

TUGAS AKHIR
(NA 1701)

**PROGRAM PERHITUNGAN MOMEN
LENGKUNG MEMANJANG KAPAL
DI AIR TENANG DAN BERGELOMBANG**



RSPe
623.812
Her
P-1
1996

Disusun Oleh:

BONO HERMAJI
NRP. 4904100330

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	17 SEP 1996
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	6524

LEMBAR PENGESAHAN

**PROGRAM PERHITUNGAN MOMEN LENGKUNG
MEMANJANG KAPAL DI AIR TENANG DAN
BERGELOMBANG**

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P. Eko Panunggal', is written over a faint, larger signature that is partially obscured.

**Ir. P. Eko Panunggal, P.hd.
NIP. 130.86963**



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS

SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

No. : 29 /PT12.FTK2/M/1995

Nama Mahasiswa : Bono Hermaji
Nomor Pokok : 4904100330
Tanggal diberikan tugas : 21 September 1995
Tanggal selesai tugas : 01 Maret 1996
Dosen Pembimbing : 1. DR. Ir. P.E. Panunggal.
2.

Uraian / judul tugas akhir yang diberikan :

#PROGRAM PERHITUNGAN MOMEN LINGKUNG MEMANJANG KAPAL DI AIR TENANG DAN BERGELOMBANG#

son

Surabaya, 23 Oktober 1995

Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS

Koordinator,



Ir. Soejitno

NIP. 130 532 029

Tembusan :

1. Yth. Dekan FTK-ITS.
2. Yth. Dosen Pembimbing.
3. Arsip.

ABSTRAK

Sesuai peraturan BKI, untuk kapal-kapal dengan type tertentu, ukuran konstruksi didasarkan pada perhitungan kekuatan memanjang. Perhitungan beban, gaya lintang, momen lengkung, dan defleksi memanjang ini dilakukan pada kondisi air tenang, satu puncak gelombang (*hogging*), dan dua puncak gelombang (*sagging*).

Penyebaran beban didapat dari penjumlahan penyebaran berat kapal dengan gaya buoyancy. Untuk berat kapal kosong (LWT) dihitung dengan pendekatan LR Report '64, sedangkan DWT dihitung berdasar data-data berat muatan, volume ruang muat, dan letak ruangnya. Penyebaran berat kapal dihitung pada kondisi muatan penuh, muatan penuh dengan consumables 10% dan kondisi ballast (muatan kosong). Penyebaran gaya buoyancy dihitung berdasar luas penampang di bawah sarat air dari data-data bonjean.

Pada perhitungan distribusi slope diperlukan data distribusi inersia kapal (I). Harga I ini dianggap sama dengan $c.B.D^3$ (c =koefisien, B =lebar kapal setempat, D =tinggi deck setempat). Dengan mengetahui momen inersia tengah kapal, harga c di tengah kapal dapat ditentukan. Sedangkan penyebaran harga c pada sebarang ordinat terhadap c tengah kapal ditentukan dari kapal pembanding.

Perhitungan beban, gaya lintang, momen lengkung, dan defleksi ini dilakukan secara numerik dan disusun dalam program komputer bahasa Paskal. Sebagai masukan program adalah data bonjean, data perhitungan LWT sesuai LR Report '64, data perhitungan DWT, dan data konstruksi memanjang tengah kapal. Sedang hasil program yang berupa penyebaran beban, gaya lintang, momen lengkung, dan defleksi ini akan ditampilkan dalam bentuk grafik maupun data-data numerik.

Kata Pengantar

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, Tugas Akhir ini dapat terselesaikan juga, walaupun harus melalui berbagai rintangan yang cukup berat. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam mencapai gelar sarjana di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Bersama ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- Bapak Ir. P. Eko Panunggal, P.hd. selaku dosen pembimbing dalam Tugas Akhir ini.
- Bapak Ir. S.Tondohartono selaku dekan Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.
- Bapak Ir. Soejitno selaku ketua jurusan Teknik Perkapalan.
- Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.
- Rekan-rekan yang telah memberikan bantuan moril maupun materiil dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, dengan harapan dapat bermanfaat bagi perkembangan dunia perkapalan. Tetapi, saran dan kritik dari para pembaca masih sangat diharapkan demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, 5 Agustus 1996

Penulis,

Bono Hermaji
NRP. 4904100330

DAFTAR ISI

Halaman Judul

Surat Keputusan Tugas Akhir

Lembar Pengesahan

Kata Pengantar

Daftar Isi

Abstrak

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
1.4 Metodologi	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Penyebaran Berat Kapal	5
2.2 Penyebaran Gaya Buoyancy	9
2.3 Beban, Gaya Lintang dan Momen Lengkung Memanjang	13
2.4 Defleksi Memanjang Kapal	14

BAB III FLOW CHART PROGRAM

3.1 Flow Chart Program Utama	17
3.2 Membaca Data-data Kapal	19
3.3 Perhitungan Momen Inersia dan Modulus Tengah Kapal	25
3.4 Perhitungan Distribusi Berat LWT	27
3.5 Flow Chart Perhitungan Distribusi Berat DWT	35
3.6 Flow Chart Perhitungan Distribusi Gaya Buoyancy	38
3.7 Flow Chart Perhitungan Beban, Gaya Lintang, Momen Lengkung dan Defleksi Memanjang	39

BAB IV PENGUJIAN PROGRAM

4.1 Pengujian Perhitungan LWT	44
4.2 Pengujian Perhitungan DWT	62
4.3 Pengujian Perhitungan Momen Inersia	
4.4 Pengujian Perhitungan Gaya Lintang dan Momen Lengkung	

BAB V KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Sesuai peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), untuk kapal-kapal yang termasuk dalam kategori I - IV, ukuran konstruksi lambung memanjang harus didasarkan pada perhitungan kekuatan memanjang (harga momen lengkung memanjang). Keempat kategori tersebut menurut pasal 4.4.1. (BKI Vol.II hal. 5-1) adalah :

- Kategori I, semua kapal dengan bukaan geladak yang besar.
- Kategori II, kapal dengan pembebanan yang tidak sama, yaitu muatan dan ballast mungkin terdistribusi tidak merata.
- Kategori III, kapal tanker pengangkut bahan kimia dan bahan bakar gas.
- Kategori IV, kapal yang direncanakan memiliki sedikit kemungkinan untuk variasi dalam pendistribusian muatan dan ballast (misal kapal penumpang). Dalam kategori ini juga termasuk kapal dengan panjang kurang dari 65 meter yang distribusi muatan atau ballast tidak merata.

Karena pentingnya perhitungan kekuatan memanjang kapal, maka hasil perhitungan perlu keakuratan dan cepat terselesaikan. Bila perhitungan dilakukan secara manual sangatlah tidak efisien. Sehingga perlu penyusunan program komputer untuk melakukan perhitungan tersebut. Meskipun sudah ada program semacam ini, masih dipandang perlu untuk menyusun ulang kembali. Hal ini mengingat masih ada beberapa kekurangan pada program sebelumnya yang harus diperbaiki.

Kekurangan-kekurangan pada program sebelumnya (Agus Hidayat, Tugas Akhir) adalah:

- Perhitungan hanya pada kondisi muatan penuh, padahal ada kemungkinan terjadi momen lengkung lebih besar pada kondisi lain.
- Perhitungan menghasilkan momen lengkung di AP dan FP sama dengan nol, padahal pada kedua ujung tersebut harga sebenarnya tidak sama dengan nol.
- Pada perhitungan distribusi berat muatan (termasuk air tawar, bahan bakar, minyak pelumas), ruangan harus selebar kapal. Jadi tidak dapat menghitung untuk tangki samping maupun tangki tengah (*centre tank*).
- Belum dilakukan perhitungan *defleksi* memanjang kapal.
- Program komputer masih harus dijalankan terpisah-pisah karena terbatasnya kemampuan komputer pada saat itu.

1.2. PERMASALAHAN

Permasalahan dalam Tugas Akhir ini adalah menyusun program komputer untuk melakukan perhitungan-perhitungan berikut:

- Distribusi berat kapal kosong (LWT) dan berat muatan (DWT).
- Distribusi gaya *buoyancy* pada kondisi air tenang dan bergelombang.
- Distribusi beban, gaya lintang, dan momen lengkung memanjang.
- Distribusi momen inersia penampang, *slope*, dan defleksi memanjang kapal.

1.3. TUJUAN dan MANFAAT

Tugas Akhir ini bertujuan menyusun program komputer (*software*) untuk perhitungan kekuatan memanjang kapal, yaitu menghitung distribusi momen memanjang

dan defleksi memanjang kapal. Adapun manfaat-manfaat dari program ini adalah:

- Membantu proses perancangan kapal secara umum.
- Menghasilkan perhitungan kekuatan memanjang kapal sebagai persyaratan Biro Klasifikasi.
- Memudahkan proses perancangan kapal bila terjadi perubahan sarat air.

1.4. METODOLOGI

Metodologi yang dipakai dalam Tugas Akhir ini adalah:

- Semua program komputer ditulis dalam bahasa Paskal.
- Distribusi berat kapal kosong dihitung dengan pendekatan *LR Report 64*. Adapun grafik-grafik yang ada diubah dalam persamaan matematis, persamaan *cubic spline*.
- Distribusi DWT dihitung berdasar data-data berat muatan yang ada, atau luas penampang ruangan serta berat jenis muatannya. Distribusi DWT ini dihitung pada tiga macam kondisi, yaitu muatan penuh dengan *consumables* 100%, muatan penuh dengan *consumables* 10%, dan kondisi ballast (muatan kosong).
- Distribusi gaya *buoyancy* dihitung berdasar data-data bonjen yang tersedia. Gaya *buoyancy* dihitung untuk kondisi air tenang dan bergelombang.
- Distribusi berat kapal dan gaya *buoyancy* diubah dalam bentuk "tangga", yaitu distribusi dianggap tersebar merata sepanjang potongan kapal —panjang dari AP sampai FP dibagi dalam 40 potongan/segment.
- Distribusi beban diperoleh dari penjumlahan distribusi berat kapal dengan gaya *buoyancy*.
- Distribusi gaya lintang diperoleh dari integrasi distribusi beban, sedangkan integrasi gaya lintang akan menghasilkan distribusi momen lengkung memanjang.
- Distribusi momen inersia dihitung dengan pendekatan, bahwa momen inersia sebanding dengan $c.B.D^3$ (c =koefisien, B =lebar setempat, D =tinggi setempat). Sedang momen

inersia tengah kapal dihitung berdasar data-data ukuran profil atau pelat dari konstruksinya.

- Distribusi *slope* kapal diperoleh dari integrasi distribusi momen lengkung memanjang dibagi momen inersia (M/I).
- Distribusi defleksi memanjang diperoleh dari integrasi *slope* dibagi dengan E , dimana E =modulus baja badan kapal.

BAB II

DASAR TEORI

Sebuah kapal yang terapung dalam keseimbangan statis, maka gaya berat kapal harus sama dengan gaya *buoyancy*-nya. Dan titik berat memanjang kapal berada pada garis vertikal yang sama dengan titik pusat gaya *buoyancy*. Karena penyebaran berat kapal dan gaya *buoyancy* tidak sama sepanjang kapal, maka bekerja gaya lintang dan momen lengkung pada kapal. Adanya momen ini menyebabkan kapal mengalami *defleksi* memanjang.

2.1. Penyebaran Berat Kapal

Berat kapal terdiri dari dua komponen, yaitu *Light Weight* (LWT) dan *Dead Weight* (DWT).

2.1.1. Light Weight (LWT)

Penyebaran berat kapal kosong (LWT) dapat dihitung dengan pendekatan Rpt. SR 64/17 (March, 1964). Berdasarkan metode ini, berat kapal dibagi lagi menjadi sebagai berikut:

- Badan kapal.

Untuk tipe kapal normal, berat badan kapal meliputi berat baja badan kapal ditambah sejumlah tertentu kayu dan *out fit* yang berada di dalam ruang muat.

- Berat lokal.

Berat lokal meliputi berat bagian-bagian bangunan di atas geladak menerus sepanjang kapal, dan penambahan berat lokal di bawah geladak sebagai akibat penambahan berat konstruksi.

Berat lokal ini terdiri dari :

- akil
- anjungan
- kimbul
- rumah geladak
- ruang akomodasi di bawah geladak utama peralatan di ujung-ujung kapal
- peralatan bongkar muat
- ruang pendingin
- deep tank, peak tank dan tangki pemisah
- ruang mesin
- baling-baling dan sistemnya

Beberapa data untuk menghitung berat kapal ditunjukkan dalam bentuk grafik. Dalam penggunaan program komputer, data-data grafik tersebut harus diubah dalam persamaan matematis. Pada Tugas Akhir ini, persamaan matematis yang digunakan adalah persamaan *cubic spline*.

2.1.2. Dead Weight (DWT)

Berat DWT meliputi berat muatan bersih, bahan bakar, air tawar, air *ballast*, minyak pelumas, perlengkapan ABK, dan bahan makanan. Umumnya, berat muatan per satuan panjang pada sebarang tempat sebanding dengan luas penampang ruangnya.

Jika sebuah ruangan memiliki volume V dan berat muatannya W (ton), panjang ruangan l , maka :

$$\text{berat per satuan panjang} = A \times W/l = AW/V$$

di mana A adalah luas penampang melintang ruangnya. Lebih sederhana, jika w adalah harga berat per satuan volume dari muatan, maka

$$\text{berat per satuan panjang} = A w$$

Karena DWT memiliki beberapa macam kondisi pembebanan, maka momen lengkung perlu dihitung pada beberapa macam kondisi pembebanan. Kondisi pembebanan yang disarankan untuk dihitung adalah:

- Kapal dengan muatan penuh dan *consumables* 100 %.
- Kapal dengan muatan penuh dan *consumables* tinggal 10 %.
- Kapal dengan ballast dan *consumables* 100% (muatan kosong).

2.1.3. Modifikasi Penyebaran Berat Kapal

Kurva distribusi berat seperti yang dibahas pada bab sebelumnya (bab 2.1.1 dan 2.1.2) akan terdapat banyak diskontinuitas. Perubahan berat per satuan panjang terjadi tidak pada interval yang teratur, sehingga membuat kesulitan dalam integrasi. Untuk mengatasi, panjang kapal dari AP sampai FP dibagi dalam sejumlah bagian yang sama dan berat per satuan panjang dianggap sama pada tiap bagian. Semakin besar jumlah pembagian akan didapat ketepatan yang makin baik. Tetapi, dengan membaginya sampai 40 bagian sudah didapat hasil yang cukup akurat. Sedang untuk bagian belakang AP dibagi menjadi dua bagian yang sama, sedang di depan FP menjadi satu bagian.

Dengan pendekatan ini, maka akan terdapat berat sisa akibat adanya berat lokal yang ujung-ujungnya tidak tepat pada stasion yang ditentukan. Untuk itu, berat sisa

tersebut harus dipindahkan ke dua bagian dari pembagian yang telah dibuat. Supaya pemindahan ini tidak mengubah harga gaya dan momennya, maka harus dipenuhi ketentuan sbb (lihat gambar 2.1):

$$w_d = w_1 + w_2$$

$$w_1 = w_d - w_2 \quad (1)$$

$$w_d \cdot x = w_1 \cdot L/2 - w_2 \cdot L/2 \quad (2)$$

substitusi (1) ke (2):

$$w_d \cdot x = (w_d - w_2) \cdot L/2 - w_2 \cdot L/2$$

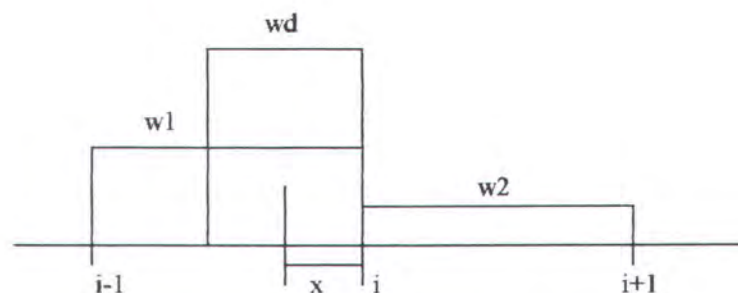
$$w_2 = w_d \cdot (1/2 - x/L)$$

dimana: w_d = berat sisa yang dipindahkan

x = titik berat dari berat sisa terhadap stasion terdekat.

w_1 dan w_2 = berat hasil pemindahan

L = jarak antara stasion



gambar 2.1 Pemindahan berat sisa

2.2. Penyebaran Gaya Buoyancy

Penyebaran gaya buoyancy dihitung pada kondisi air tenang dan bergelombang.

Gaya ini ditentukan dengan rumus sbb:

$$b_i = A_i \cdot k \cdot g \quad (\text{persm. 2.1})$$

dimana: b_i = berat buoyancy tepat pada stasion ke i (kN/m) .

A_i = luas penampang melintang kapal di bawah sarat air pada stasion ke i (m^2).

k = faktor massa jenis air laut dan kulit kapal, diambil $k = 1,031$ (penambahan volume kulit kapal sekitar 0,45 - 0,6 % displacement (untuk single screw).

g = konstanta gravitasi ($9,81 \text{ m/detik}^2$).

Harga A_i dihitung berdasar data-data bonjean, harga ini tergantung pada nomor stasion dan tinggi sarat airnya. Untuk mendapatkan harga A_i di luar nomor stasion yang ada pada data bonjean, dilakukan dengan cara interpolasi kuadrat. Persamaan interpolasi kuadrat oleh Lagrange adalah:

$$A(x) = \frac{(X - X_i)(X - X_{i+1}).A_{i+2}}{(X_{i+2} - X_i)(X_{i+2} - X_{i+1})} + \frac{(X - X_i)(X - X_{i+2}).A_{i+1}}{(X_{i+1} - X_i)(X_{i+1} - X_{i+2})} + \frac{(X - X_{i+1})(X - X_{i+2}).A_i}{(X_i - X_{i+1})(X_i - X_{i+2})}$$

Pada kondisi air tenang, bila sarat di AP dan sarat di FP diketahui, maka harga sarat air pada sebarang stasion adalah:

$$T_x = T_A + (T_F - T_A).x/L$$

dimana: T_x = tinggi sarat air pada stasion yang berjarak x dari AP.

T_A = tinggi sarat air pada AP.

T_F = tinggi sarat air pada FP.

x = jarak stasion terhadap AP.

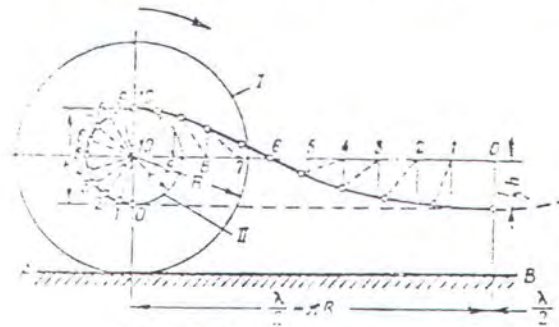
L = panjang kapal dari AP sampai FP.

Perhitungan gaya buoyancy di gelombang dibuat untuk kondisi dua puncak gelombang (*sagging*) dan satu puncak gelombang (*hogging*). Perhitungan ini didasarkan pada asumsi-asumsi sbb:

- Kapal berada pada gelombang diam.
- Bentuk gelombang adalah trochoidal, dengan panjang gelombang sama dengan panjang kapal.

- Puncak gelombang pada tengah kapal untuk kondisi *hogging*.
- Puncak gelombang pada AP dan FP untuk kondisi *sagging*.

Persamaan gelombang trochoidal pada suatu titik P (lihat gambar 2.2) adalah:



gambar 2.2 Gelombang trochoidal

$$x = R \cdot \pi - r \cdot \sin \varphi$$

$$y = r \cdot \cos \varphi \quad \text{untuk kondisi sagging,}$$

$$y = -r \cdot \cos \varphi \quad \text{untuk kondisi hogging.}$$

di mana: $R = L/2\pi$

$r = h/2$, dengan h adalah tinggi gelombang ($h=L/20$).

x = jarak titik P terhadap AP.

φ = sudut dalam radian

y = tinggi profil gelombang terhadap sumbu gelombang.

Bila diketahui harga berat kapal (G) dan titik berat kapal (LCG), untuk menentukan sarat di AP (TA) dan sarat di FP (TF) adalah dengan cara iterasi. Proses iterasi ini didasarkan pada persamaan keseimbangan statis sebuah kapal. Pada kapal dalam keseimbangan statis, maka berlaku persamaan sebagai berikut:

$$G = D_o + x \cdot TPC + y \cdot DDT$$

$$M = M_o + x \cdot MPC + y \cdot MTC$$

dimana: G = berat kapal

D_0 = displasemen kapal pada sarat perkiraan

x = perbedaan sarat air rata antara perkiraan dan keadaan sebenarnya.

y = perbedan trim antara perkiraan awal dan keadaan sebenarnya.

TPC = perbedaan displasemen tiap cm perubahan sarat air rata.

DDT = perbedaan displasemen tiap cm perubahan trim.

M = momen statis kapal = $G \times LCG$

MPC = perbedaan momen displasemen tiap cm perubahan sarat air rata.

MTC = perbedaan momen displasemen tiap cm perubahan trim.

Penggunaan persamaan tersebut ke dalam program adalah sebagai berikut:

1. Menentukan sebarang harga T_a dan T_f sebagai perkiraan awal, kemudian dihitung displasemennya (D_1) dan momen displasemen terhadap AP (M_1).
2. Menghitung displasemen (D_2) dan momen displasemen terhadap AP (M_2) pada sarat air $T_a + 0,01$ m dan $T_f + 0,01$ m.
3. Menghitung displasemen (D_3) dan momen displasemen terhadap AP (M_3) pada sarat air $T_a + 0,05$ m dan $T_f - 0,05$ m.
4. Persamaan keseimbangan diatas diubah menjadi:

$$G = D_1 + 100 \cdot x \cdot SD_{2,1} + 100 \cdot y \cdot SD_{3,1}$$

$$M = M_1 + 100 \cdot x \cdot SM_{2,1} + 100 \cdot y \cdot SM_{3,1}$$

dimana : $SD_{2,1} = D_2 - D_1$

$$SD_{3,1} = D_3 - D_1$$

$$SM_{2,1} = M_2 - M_1$$

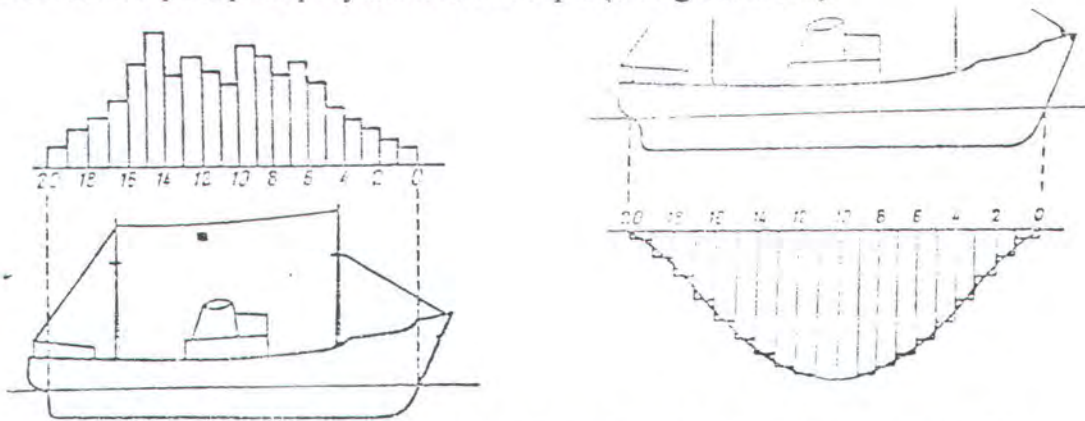
$$SM_{3,1} = M_3 - M_1$$

$$x = 0,5 (T_A + T_F) - 0,5 (T_a + T_f)$$

$$y = (T_A - T_F) - (T_a - T_f)$$

5. Dengan menyelesaikan persamaan diatas, akan didapat harga TA dan TF.
6. Bila harga displasemen dan LCB kapal belum memenuhi syarat, maka dilakukan perhitungan lagi dengan menganggap harga TA dan TF ini sebagai sarat perkiraan awal.

Dengan diketahui harga TA dan TF, maka sarat air pada tiap stasion dapat dihitung. Berdasar data bonjean, dari harga sarat air ini dapat ditentukan luas penampangnya (A_i). Selanjutnya penyebaran *buoyancy* dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1. Dan untuk memudahkan proses integrasi, penyebaran *buoyancy* ini harus dimodifikasi seperti pada penyebaran berat kapal (lihat gambar 2.3).



gambar 2.3 Modifikasi penyebaran berat kapal (a) dan gaya buoyancy (b)

2.3. Beban, Gaya Lintang, dan Momen Lengkung Memanjang

Beban pada sebarang posisi di sepanjang kapal adalah perbedaan antara berat per satuan panjang dengan gaya buoyancy per satuan panjang. Jadi, beban adalah:

$$q(x) = b(x) - w(x)$$

dimana: $q(x)$ = beban per satuan panjang pada stasion x .

$b(x)$ = berat buoyancy per satuan panjang pada stasion x .

$w(x)$ = distribusi berat kapal per satuan panjang pada stasion x .

Jika kurva beban diintegrasikan, akan didapat harga gaya lintang. Gaya lintang $F(x)$ adalah:

$$F(x) = \int q(x) \cdot dx, \quad \text{dengan } dx \text{ adalah satuan panjang.}$$

Perhitungan gaya lintang ini dilakukan secara numerik, yaitu:

$$F_{i=x} = \sum_{i=0}^{x-1} (q_{i,i+1} \cdot l)$$

dimana: $F_{i=x}$ = gaya lintang pada ordinat ke x.

$q_{i,i+1}$ = beban per satuan panjang pada antara ordinat ke i dan i+1.

l = jarak antara ordinat.

Selanjutnya, harga momen lengkung memanjang ditentukan dengan mengintegrasi kurva gaya lintang. Momen lengkung memanjang $M(x)$ adalah:

$$M(x) = \int F(x) \cdot dx$$

Perhitungan ini dilakukan dengan cara numerik, yaitu:

$$M_{i=x} = \sum_{i=0}^x (0,5(F_i + F_{i+1}) \cdot l)$$

dimana: $M_{i=x}$ = harga momen lengkung pada stasion ke x.

F_i = harga gaya lintang pada stasion ke i.

F_{i+1} = harga gaya lintang pada stasion ke i+1.

Harga gaya lintang dan momen lengkung ini pada ujung-ujung kapal haruslah sama dengan nol. Karena itu, bila harganya tidak sama dengan nol harus dilakukan modifikasi. Modifikasi ini diijinkan bila harga momen lengkung pada ujung kapal masih di bawah harga toleransi, yaitu 6% dari momen lengkung maksimum. Sedang untuk gaya lintang toleransinya sebesar 3% dari harga maksimum. Bila memenuhi syarat, modifikasi cukup dilakukan secara linear (lihat gambar 2.4).



gambar 2.4. Modifikasi momen lengkung memanjang

2.4. Defleksi Memanjang Kapal

Defleksi memanjang kapal terutama disebabkan oleh adanya perubahan momen lengkung. Dengan menganggap kapal sebagai balok, defleksi dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$y = \frac{1}{E} \int \frac{M}{I} dx \quad (\text{persam. 2.1})$$

dimana: y = defleksi memanjang [m].

M = momen lengkung [ton.m].

I = momen inersia [m⁴].

E = modulus badan kapal [ton / m²]

Sedang integrasi pertama dari M/I akan menghasilkan kurva slope, yaitu

$$\text{slope} = \frac{1}{E} \int \frac{M}{I} dx$$

Ordinat dari kurva integrasi kedua (persamaan 2.1) biasa dinyatakan sebagai defleksi antara ujung-ujung kapal. Untuk itu, defleksi perlu diukur terhadap sebuah garis lurus yang menghubungkan ujung-ujung kapal. Kemudian, jarak antara garis lurus tersebut dengan kurva integrasi kedua ini digambarkan terhadap sumbu horisontal. Kurva akhir ini disebut kurva defleksi, diukur terhadap garis lurus yang menghubungkan ujung-ujung kapal. Prosedur ini ditunjukkan pada gambar 2.5.

Untuk balok biasa, harga E dan I adalah sama sepanjang balok. Pada kapal, harga I tidak sama sepanjang kapal, dan harga E sering tidak pasti. Dalam Tugas Akhir ini dipakai harga $E=13500$ ton per inchi kuadrat ($=20,73 \times 10^6$ ton/m²). Sedang harga I dipakai pendekatan sebagai berikut :

$$I = c \cdot B \cdot D^3$$

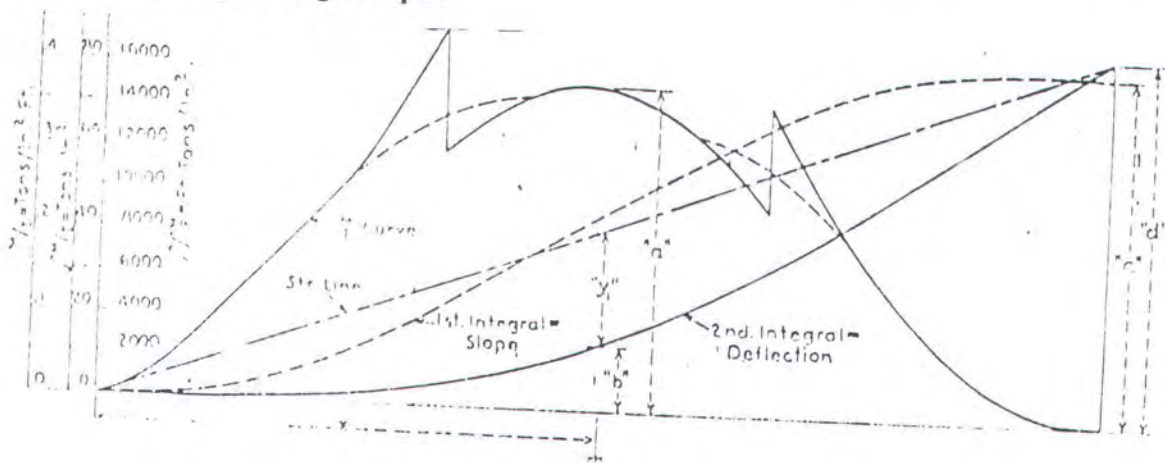
dimana: I = momen inersia setempat [m⁴].

B = lebar kapal setempat [m].

D = tinggi geladak setempat [m].

c = koefisien.

Sedangkan distribusi harga c dihitung dari kapal pembanding. Perhitungan distribusi c ini ditunjukkan pada lampiran 1. Pada grafik tersebut digambarkan distribusi harga c pada tiap ordinat terhadap harga c tengah kapal.



gambar 2.5 Modifikasi kurva defleksi

BAB III

FLOW CHART PROGRAM

Sebelum menyusun program komputer, terlebih dahulu dibuat flow chart programnya. Flow chart dapat terdiri dari flow chart program utama maupun bagian-bagian program.

3.1 Flow Chart Program Utama

Program utama terdiri dari delapan bagian program, yaitu

1. Membaca data kapal.

Data kapal meliputi:

- Ukuran utama kapal.
- Data bonjean.
- Data untuk perhitungan LWT sesuai LR Report March '64.
- Data untuk perhitungan DWT.
- Data konstruksi memanjang tengah kapal.

2. Perhitungan Momen Inersia dan Modulus Tengah Kapal.

3. Perhitungan Distribusi LWT.

4. Perhitungan Distribusi DWT.

5. Perhitungan Distribusi Gaya Buoyancy.

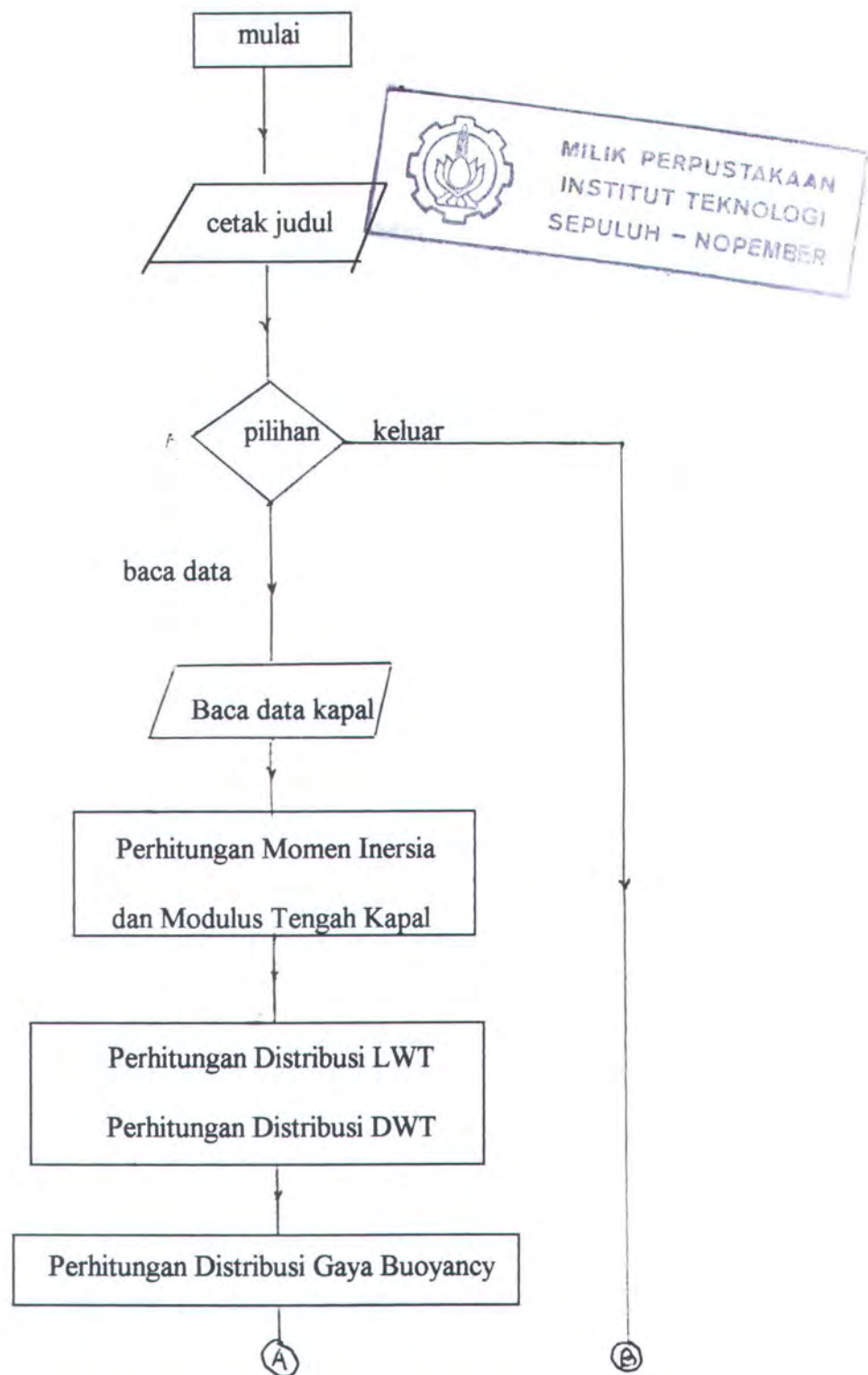
Gaya buoyancy dihitung pada kondisi air tenang, sagging dan hogging.

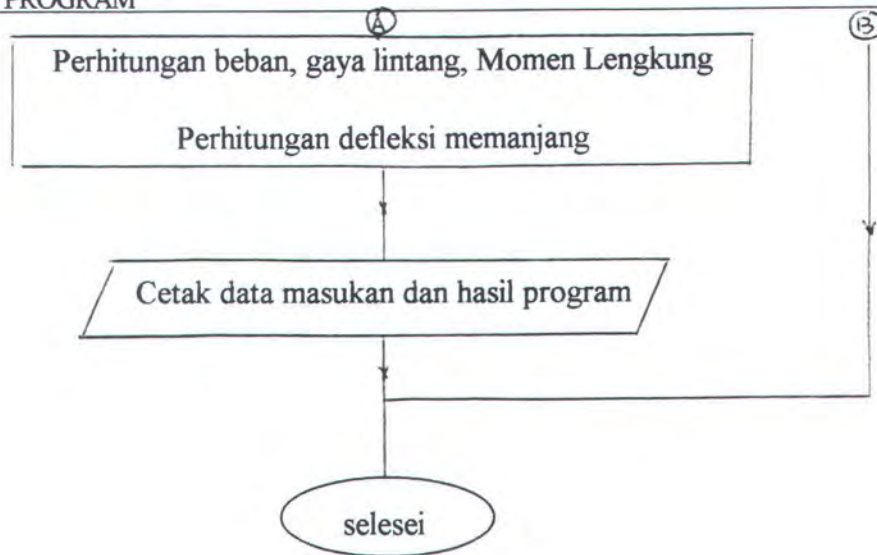
6. Perhitungan Beban, Gaya Lintang, dan Momen Lengkung.

7. Perhitungan Defleksi Memanjang.

8. Mencetak Data-data masukan dan hasil program.

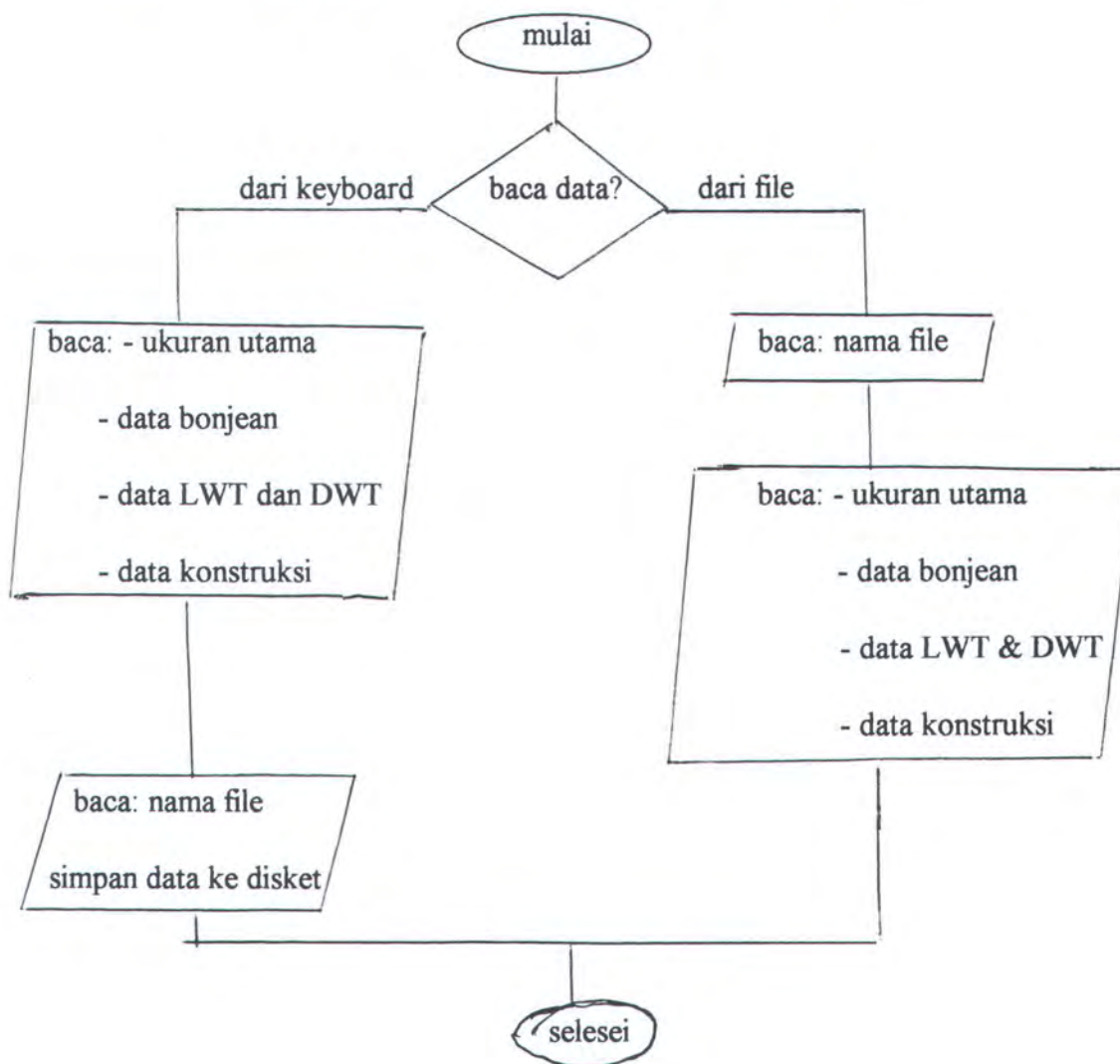
Bentuk flow chart program utama adalah sbb:





3.2 Membaca Data-data Kapal

Bentuk flow chart untuk membaca data-data kapal adalah sbb:



Keterangan

- Ukuran utama kapal meliputi:
 - Nama kapal.
 - Panjang antara garis tegak (LPP) [m].
 - Lebar kapal B [m].
 - Tinggi kapal H [m].
 - Sarat air muatan penuh, T [m].
 - Koefisien bentuk kapal, Cb.
- Data-data bonjean meliputi:
 - Jumlah ordinat dan garis air yang diketahui.
 - Faktor lengan tiap ordinat terhadap AP.
 - Tinggi tiap garis air terhadap garis dasar [m].
 - Jarak ordinat bantu di belakang AP [m].
 - Tinggi upper deck pada tiap ordinat [m].
 - Luas penampang pada tiap ordinat dan garis air [m²].
 - Luas penampang sampai upper deck pada tiap ordinat [m²].
- Data-data perhitungan LWT meliputi:
 - Jumlah geladak menerus sepanjang kapal.
 - Jumlah geladak yang panjang kurang dari LPP, kecuali shaft tunnel dan wing tank.
 - Panjang tiap geladak yang panjang kurang dari LPP [m].
 - Panjang ujung belakang kapal dari AP [m].
 - Panjang ujung depan kapal dari FP [m].

- Tipe kapal:
 1. Kapal pengangkut muatan berat.
 2. Kapal yang dimuati selang seling (tak merata).
 3. Kapal barang biasa.
 4. Kapal tanker.
- Tinggi dasar ganda atau pelintang alas di ruang muat [m].
- Tinggi dasar tangki ceruk buritan terhadap garis dasar [m].
- Tinggi dasar ganda di ruang mesin [m].
- Jumlah sekat melintang, kecuali sekat khusus untuk deep tank.
- Kelas pelayaran di laut es (0,1,2,3).
- Volume ruang akil [m³].
- Letak sekat belakang dan depan ruang akil terhadap AP [m].
- Volume ruang anjungan [m³].
- Letak sekat belakang dan depan anjungan terhadap AP [m].
- Volume ruang kimbul (poop).
- Letak sekat belakang dan depan kimbul terhadap AP [m].
- Volume ruang pendingin [m³].
- Letak sekat belakang dan depan ruang pendingin terhadap AP [m].
- Jumlah rumah geladak.
- Volume tiap ruang rumah geladak [m³].
- Letak sekat belakang dan depan tiap rumah geladak terhadap AP [m].
- Jumlah peralatan bongkar muat.
- Letak tiap peralatan bongkar muat terhadap AP [m].
- Jumlah boom tiap peralatan bongkar muat.

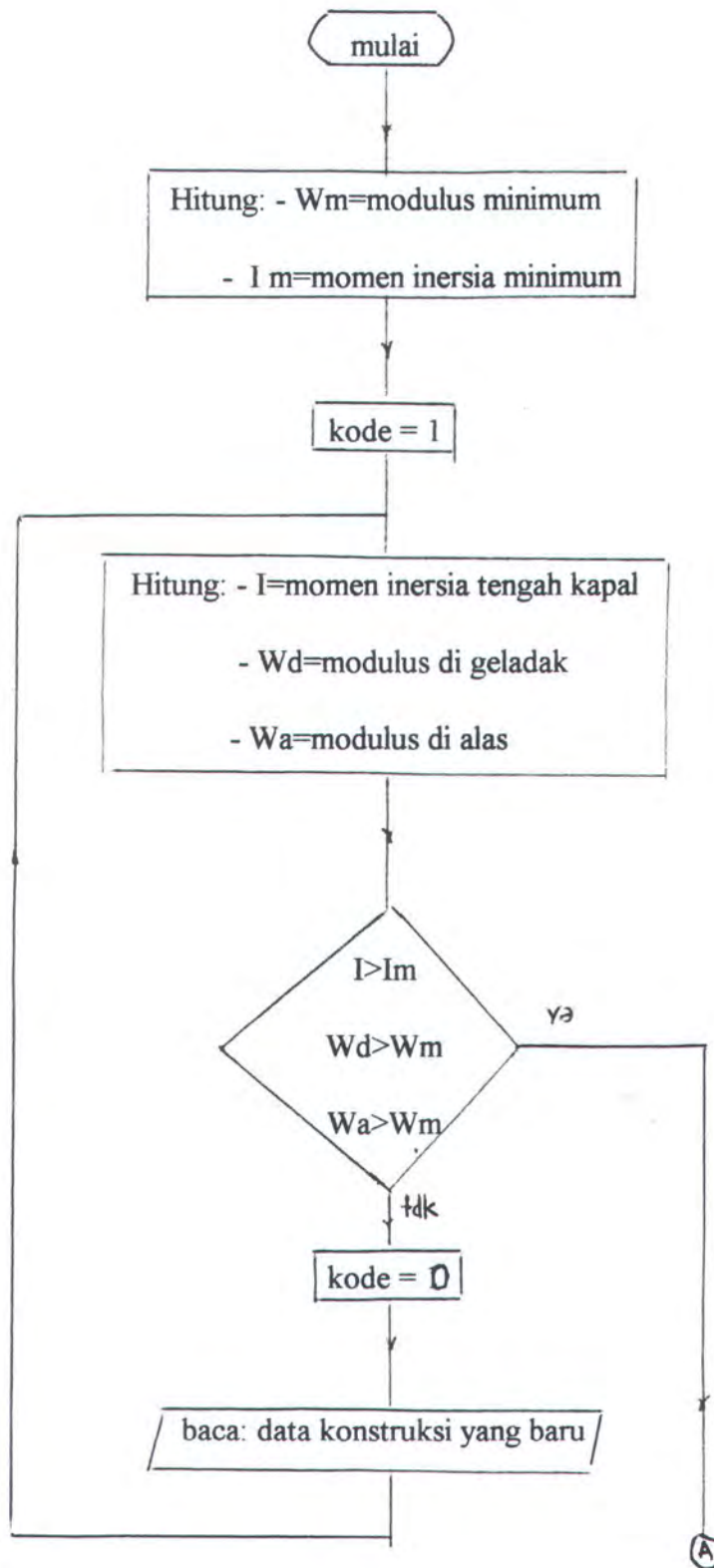
- Harga SWL tiap boom [ton].
- Tipe penyangga tiap peralatan bongkar muat, yaitu
 1. Disangga tiang mast saja.
 2. Disangga tiang mast dan rumah geladak.
- Letak sekat belakang dan depan ruang mesin [m].
- Harga BHP [HP] dan RPM [rpm] mesin induk.
- Berat mesin induk [ton].
- Letak titik berat baling-baling terhadap AP [m].
- Jumlah baling-baling (1/2).
- Berat baling-baling serta porosnya [ton].
- Jumlah tangki (tangki ceruk, pemisah dan deep tank).
- Jenis tangki:
 1. Tangki ceruk haluan.
 2. Tangki ceruk buritan.
 3. Tangki pemisah.
 4. Deep tank.
- Letak sekat belakang dan depan tiap tangki terhadap AP [m].
- Jumlah ruang akomodasi di bawah geladak utama.
- Tinggi ruang akomodasi [m].
- Letak sekat belakang dan depan tiap ruang akomodasi terhadap AP [m].
- Data-data untuk perhitungan DWT adalah:
 - Jumlah ruang muat.
 - Letak sekat belakang dan depan ruang muat terhadap AP [m].

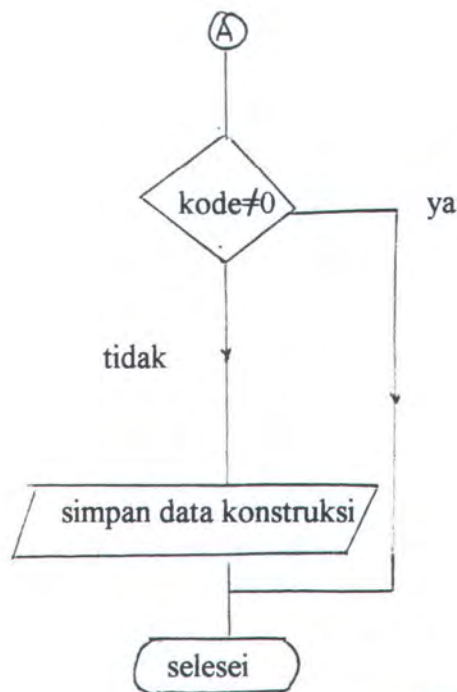
- Berat total muatan bersih (cargo) [ton].
- Jumlah tangki (tangki bahan bakar, minyak pelumas, air tawar dan air ballast).
- Tipe tangki:
 1. Tangki ceruk haluan.
 2. Tangki ceruk buritan.
 3. Tangki dasar ganda di bawah ruang muat.
 4. Tangki dasar ganda di bawah ruang mesin.
 5. Deep tank.
- Isi tangki:
 1. Air tawar.
 2. Minyak pelumas.
 3. Bahan bakar diesel.
 4. Heavy fuel oil.
 5. Air ballast.
- Letak sekat belakang dan depan tiap tangki terhadap AP [m].
- Kondisi tangki:
 1. Menerus selebar kapal.
 2. Tangki tengah (centre tank).
 3. Tangki samping kiri dan kanan (P/S wing tank).
- Jarak sekat memanjang tangki terhadap garis tengah kapal [m] (untuk tangki tengah dan samping).
- Berat bahan makanan [ton].
- Letak sekat belakang dan depan ruang bahan makanan [m].
- Jumlah ruang akomodasi ABK.

- Berat perlengkapan ABK pada tiap ruang akomodasi [ton].
- Letak sekat belakang dan depan tiap ruang akomodasi ABK [m].
- Data-data konstruksi memanjang tengah kapal:
 - Tinggi tiap geladak terhadap garis dasar [m].
 - Panjang dan tebal pelat geladak pada tiap geladak [mm].
 - Jumlah pembujur pada tiap geladak.
 - Ukuran pembujur pada tiap geladak (Web:mmxmm; Face:mmxmm).
 - Tinggi rise of floor [mm].
 - Jari-jari bilga dan tebal pelat bilga [mm].
 - Panjang dan tebal pelat lunas [mm].
 - Panjang dan tebal pelat alas [mm].
 - Ukuran penumpu tengah alas (Web:mmxmm; Face:mmxmm).
 - Panjang dan tebal pelat alas dalam [mm].
 - Ukuran penumpu samping alas (Web:mmxmm; Face:mmxmm).
 - Panjang dan tebal pelat tepi [mm].
 - Titik berat pelat tepi terhadap garis dasar [mm].
 - Jumlah pembujur pelat alas.
 - Ukuran pembujur pelat alas (Web:mmxmm; Face:mmxmm).
 - Jumlah pembujur pelat alas dalam.
 - Ukuran pembujur pelat alas dalam (Web:mmxmm; Face:mmxmm).
 - Ukuran hatch side girder (Web:mmxmm; Face:mmxmm).
 - Ukuran penumpu tengah geladak (Web:mmxmm; Face:mmxmm).
 - Jumlah sekat memanjang.
 - Panjang dan tebal pelat tiap sekat memanjang [mm].

3.3 Perhitungan Momen Inersia dan Modulus Tengah Kapal

Bentuk flow chart perhitungan momen inersia dan modulus tengah kapal adalah:





Keterangan

- Modulus (W_m) dan momen inersia minimum (I_m) dihitung dengan persamaan:

$$W_m = k.C.L^2.B (C_b + 0,7) 10^{-6} \quad [m^3]$$

$$I_m = 3.10^{-2}. W_m. L / k \quad [m^4]$$

dimana: $k = 1$, untuk baja biasa.

L = panjang LPP [m].

$C = L/25 + 4,1$ untuk $L < 90$.

$C = c_0$ untuk $L \geq 90$.

$c_0 = 10,75 - ((300-L)/100)^{1,5}$ untuk $L < 300$.

$c_0 = 10,75$ untuk $300 \leq L < 350$.

$c_0 = 10,75 - ((L-350)/100)^{1,5}$ untuk $L \geq 350$.

C_b = koefisien block, C_b tidak boleh kurang dari 0,6.

B = lebar kapal [m].

- Momen inersia dan modulus tengah kapal dihitung sbb:

- Hitung luas penampang tiap bagian konstruksi (A).
- Hitung titik berat tiap bagian terhadap garis dasar (h).
- Hitung total momen luas tiap bagian terhadap garis dasar.

$$M = \Sigma (A \cdot h)$$

- Hitung total inersia luas terhadap garis dasar.

$$I_d = \Sigma (A \cdot h^2)$$

- Hitung total momen inersia individu (I_n).

- Tinggi netral axis dari garis dasar:

$$h_{na} = M / (\Sigma A)$$

- Momen inersia terhadap netral axis:

$$I = (I_d + I_n) - (\Sigma A \cdot x h_{na}^2)$$

- Modulus terhadap alas:

$$W_a = I / h_{na}$$

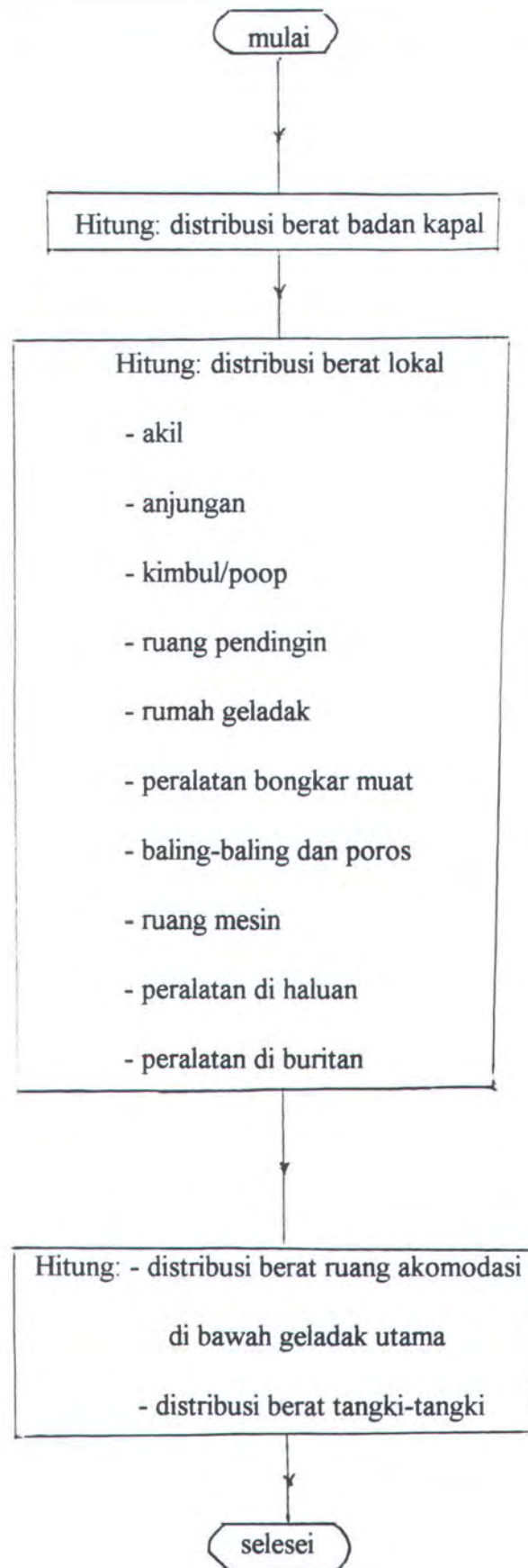
- Modulus terhadap geladak:

$$W_d = I / (H - h_{na})$$

dimana: H = tinggi geladak [m].

3.4 Perhitungan Distribusi berat LWT

Flow chart untuk menghitung distribusi berat LWT adalah:



Keterangan

Langkah-langkah menghitung distribusi berat badan kapal adalah:

- Menghitung ND

$$ND = Nd' + ld/Lpp$$

dimana: Nd' = jumlah geladak menerus sepanjang kapal.

ld = total panjang geladak yang panjangnya kurang dari Lpp [m].

- Membaca koefisien Wo , $C1$, $C2$, $C3$, $C4$, dan $C5$.

- Menghitung koreksi $C5$.

- $C5 = C5 + 3,75 Wo$, untuk kapal pengangkut muatan berat.

$C5 = C5 + 4,5 Wo$, untuk kapal yang dimuati biji besi.

- Bila kapal berlayar di laut es,

$$C5 = C5 + C6. Wo$$

dimana: $C6 = 8,0$ untuk kelas es = 1.

$C6 = 4,0$ untuk kelas es = 2.

$C6 = 1,6$ untuk kelas es = 3.

- Bila ada sekat memanjang,

$$C5 = C5 + 11 (lm/Lpp) Wo$$

dimana: lm = panjang total sekat memanjang [m].

- Membaca harga a yang merupakan fungsi Cb dan nomer ordinat.

- Menghitung harga m ,

$$m = 43,4 \cdot 10^{-4} \cdot H \cdot Lpp$$

dimana: $H = C1.B + C2.D + C3.d + C4.Wo.N + C5 + 2,5 h$

B = lebar kapal [m].

D = tinggi geladak [m].

d = sarat air muatan penuh [m].

N = jumlah sekat melintang.

h = tinggi pelintang alas [m].

- Menghitung distribusi berat tepat pada nomer ordinat,

$$w_i = m \cdot a_i \quad [\text{ton/m}].$$

- Menghitung distribusi berat merata pada tiap antara dua ordinat yang berurutan,

$$F_{i,i+1} = 0,5 (w_i + w_{i+1}) \quad [\text{ton/m}].$$

- Menghitung distribusi berat badan kapal di belakang AP,

- Berat $W = 0,01133 \cdot m \cdot L \quad [\text{ton}].$

- Distribusi berat pada dua ordinat di belakang AP,

$$F_{-2,-1} = (W/6) / (lap/2) \quad [\text{ton/m}].$$

$$F_{-1,AP} = (5W/6) / (lap/2) \quad [\text{ton/m}].$$

dimana: lap = panjang ujung belakang kapal terhadap AP [m].

- Menghitung distribusi berat badan kapal di depan FP.

- Berat $W = 0,00175 \cdot m \cdot L \quad [\text{ton}].$

- Titik berat terhadap FP, $x = L_{fp}/3 \quad [\text{m}].$

- Memindahkan berat ke dua ordinat terdekat (gambar),

$$w_2 = 2W (x + l/2) / (l_{fp} + l)$$

$$w_1 = W - w_2$$

- Distribusi berat,

$$F_{39,FP} = w_1/l \quad [\text{ton/m}].$$

$$F_{FP,41} = w_2/l_{fp} \quad [\text{ton/m}].$$

Pada tiap perhitungan distribusi berat lokal, dipakai prosedur "berat_lokal" untuk menghitung distribusinya. Prosedur ini memerlukan masukan-masukan berupa:

- distribusi berat pada ujung belakang dan depan berat lokal [ton/m].
- letak sekat belakang dan depan berat lokal terhadap AP [m].

Langkah-langkah perhitungan prosedur berat_lokal ini adalah (lihat gambar):

- menentukan nomer ordinat belakang.

Jika $x_b < 0$ maka $\text{ord belakang} = \text{trunc}(x_b / (0,5 \text{ lap}))$.

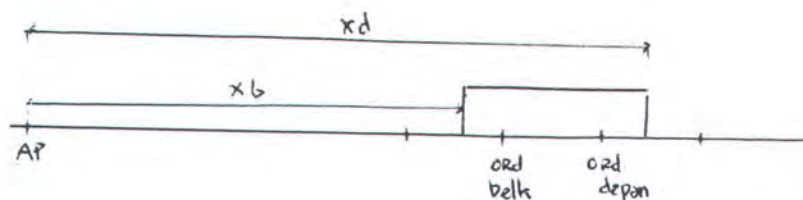
$x_b > 0$ maka $\text{ord belakang} = \text{trunc}(x_b / l) + 1$.

- menentukan nomer ordinat depan.

Jika $x_d > L_{pp}$ maka $\text{ord depan} = 41$.

$x_d < L_{pp}$ maka $\text{ord depan} = \text{trunc}(x_d / l)$

- menghitung distribusi berat pada tiap ordinat, dari ordinat belakang sampai ordinat depan.
- menghitung berat sisa pada ujung belakang dan depan.
- memindahkan berat sisa pada dua ordinat terdekat.



Gambar 3.2 Penentuan ordinat belakang dan depan

Untuk menggunakan prosedur di atas, tiap berat lokal harus dihitung berat dan distribusi berat pada ujung-ujung berat lokal.

- Akil.

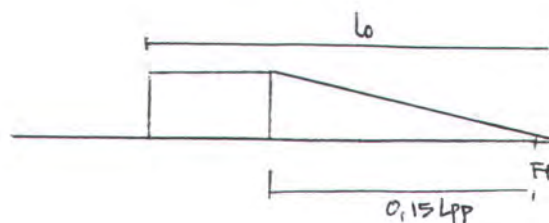
$$W = 0,0897 \times \text{Volume ruang} \quad [\text{ton}]$$

Jika $l_o < 0,15 L_{pp}$ maka distribusi berat berbentuk segitiga,

$$w \text{ belakang} = 2 \cdot W/l_o \quad [\text{ton/m}]$$

$$w \text{ depan} = 0$$

Jika $l_o > 0,15 L_{pp}$ maka distribusi berat sepanjang $0,15 L_{pp}$ adalah segitiga, dan panjang sisanya berbentuk segi empat (lihat gambar).



Gambar 3.3 Distribusi akil

- Anjungan

$$W = 0,1292 \times \text{Volume ruang} \quad [\text{ton}]$$

$$w \text{ belakang} = w \text{ depan} = W/(x_d - x_b) \quad [\text{ton/m}]$$

- Kimbul/poop

$$W = 0,1292 \times \text{Volume ruang} \quad [\text{ton}]$$

$$w \text{ belakang} = 0,4 W/(x_d - x_b) \quad [\text{ton/m}]$$

$$w \text{ depan} = 4 \cdot w \text{ belakang} \quad [\text{ton/m}]$$

- Ruang pendingin

- baca harga $W_p = \text{fungsi (volume ruang)}$.

$$- w \text{ belakang} = w \text{ depan} = W_p/(x_d - x_b) \quad [\text{ton/m}]$$

Rumah Geladak

- $W = 0,1185 \times \text{Volume ruang [ton]}$
- $w \text{ belakang} = w \text{ depan} = W/(x_d - x_b) \text{ [ton/m]}$

- Peralatan bongkar muat

- $W = 0,008 \text{ swl } 2 + 5.n$

dimana n = jumlah boom.

- Jika hanya disangga tiang mast saja,

$$W = W + 10$$

- $w \text{ belakang} = w \text{ depan} = W/(0,02 L_{pp}) \text{ [ton/m]}$

- $x_b = X_{bm} - 0,02 L_{pp}/2 \text{ [m]}$

$$x_d = X_{bm} + 0,02 L_{pp}/2 \text{ [m]}$$

dimana X_{bm} = jarak titik berat bongkar muat terhadap AP [m]

x_b = jarak ujung belakang peralatan terhadap AP [m].

x_d = jarak ujung depan peralatan terhadap AP [m].

- Baling-baling dan porosnya

- Hitung l_s , panjang dari titik berat propeller sampai sekat belakang ruang mesin [m].

- Jika berat baling-baling belum diketahui ($=0$),

baca harga s = fungsi(l_s/L_{pp}).

$$W = l_s (0,0164 l_{pp} + s) \text{ untuk jumlah propeller} = 1.$$

$$W = 1,5 l_s (0,0164 L_{pp} + s) \text{ untuk jumlah propeller} = 2.$$

- Jika berat baling-baling diketahui (>0),

$$W = \text{berat prop.} + 0,67 l_s, \text{ untuk jumlah propeller} = 1.$$

$W = \text{berat prop.} + 1,0 \text{ ls}$, untuk jumlah propeller=2.

- $w \text{ belakang} = w \text{ depan} = W/ls$ [ton/m]

- Ruang mesin

- Jika berat mesin=0 (belum diketahui), hitung berat mesin dengan metode Watson.

$$W \text{ mesin} = 9,38 \times (\text{BHP/RPM})^{0,84} \quad [\text{ton}]$$

- $W \text{ motor bantu} = 0,56 \times (1,1 \text{ BHP})^{0,7}$ [ton] untuk kapal barang
 $= 0,59 \times (1,1 \text{ BHP})^{0,7}$ untuk kapal tanker.

- $W_m = W \text{ mesin} + W \text{ motor bantu}$

- $W = W_m + (x_d - x_b) \cdot (0,011 L_{pp} - 1,73)$

$W = W_m + (x_d - x_b) \cdot (0,011 L_{pp} - 0,73)$ untuk kapal pengangkut muatan berat
 atau muatan selang seling.

- $w \text{ belakang} = w \text{ depan} = W/(x_d - x_b)$ [ton/m]

- Peralatan di buritan

- $W = 10,94 L_{pp}^2/10000$ [ton]

- $x_d = 0,02 L_{pp}/2$ [m]

- $x_b = - x_d$ [m]

- $w \text{ belakang} = w \text{ depan} = W/(0,02 L_{pp})$ [ton/m]

- Peralatan di haluan

- $W = 43,75 L_{pp}^2/10000$ [ton]

- $x_b = L_{pp} - 0,035 L_{pp} - 0,02 L_{pp}/2$ [m]

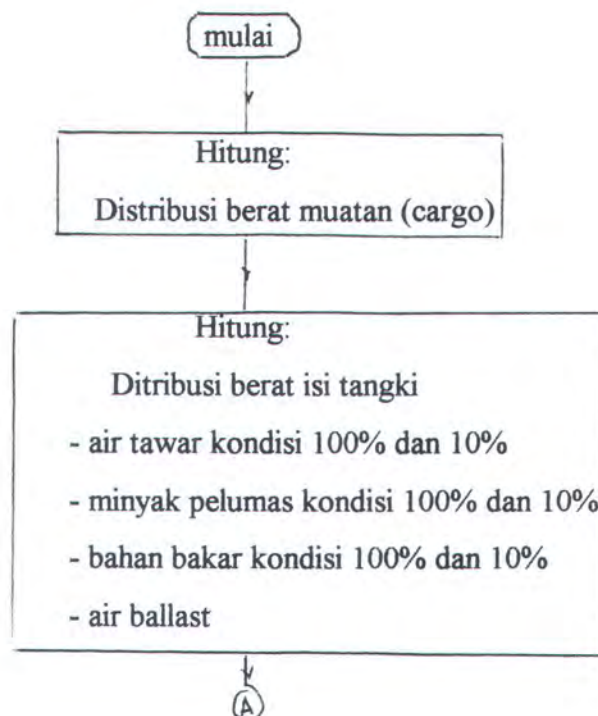
- $x_d = x_b + 0,02 L_{pp}$ [m]
- $w_{\text{belakang}} = w_{\text{depan}} = W/(0,02 L_{pp})$ [ton/m]

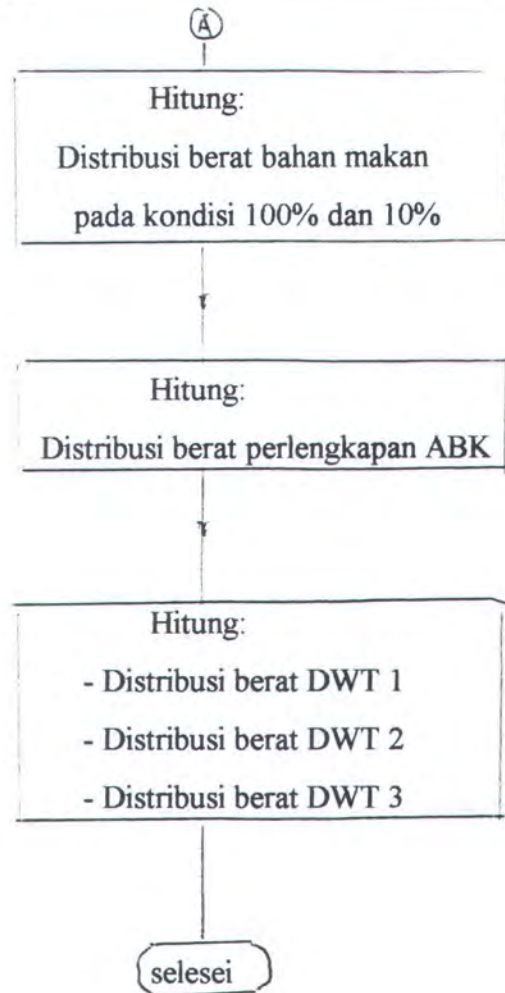
Langkah-langkah perhitungan distribusi berat untuk ruang akomodasi di bawah geladak utama dan tangki-tangki adalah:

- Menentukan ordinat belakang dan depan.
- Menghitung luas penampang ruangan pada tiap ordinat (A).
- Menghitung distribusi berat pada tiap ordinat,
 $\text{dist. berat} = 0,0538 \times A$ [ton/m] untuk tangki-tangki
 $= 0,1005 \times A$ [ton/m] untuk ruang akomodasi.
- Menghitung pemindahan berat sisa ke dua ordinat terdekat.
- Menghitung distribusi berat merata antara dua ordinat berurutan

3.5 Flow Chart Perhitungan Distribusi DWT

Bentuk flow chart perhitungan distribusi DWT adalah:





Keterangan:

1. Langkah-langkah perhitungan distribusi berat muatan (cargo) adalah:

- Menentukan ordinat belakang dan depan tiap ruang muat.
- Menghitung luas penampang ruang muat dari ordinat belakang sampai ordinat belakang.
- Menghitung volume total ruang muat (V).
- Menghitung berat muatan per satuan volume (W/V),
$$W/V = \text{berat muatan/volume ruang muat} \quad [\text{ton/m}^3]$$
- Memindahkan berat sisa ujung depan dan belakang ke dua pembagian ordinat terdekat.

- Menghitung distribusi berat muatan (F),

$$F_{i_i+1} = (W/V) \times 0,5 (A_i + A_{i+1})$$

dimana: i = ordinat

A_i = luas penampang ruang muat di ordinat i .

A_{i+1} = luas penampang ruang muat di ordinat $i+1$.

2. Perhitungan distribusi berat isi tangki.

Distribusi berat isi tangki (F) dihitung sebagai berikut:

$$F = A \cdot BJ \cdot (1 - k) \text{ [ton/m]}$$

dimana: A = luas penampang tangki [m^2]

BJ = massa jenis isi tangki [ton/m^3]

- 1,00 untuk air tawar.
- 0.85 untuk heavy fuel oil.
- 0,95 untuk diesel oil.
- 0,90 untuk minyak pelumas.
- 1,025 untuk air laut (air ballast).

k = faktor pengurangan volume karena konstruksi dan ekspansi isi tangki, diambil harga rata-rata 4%.

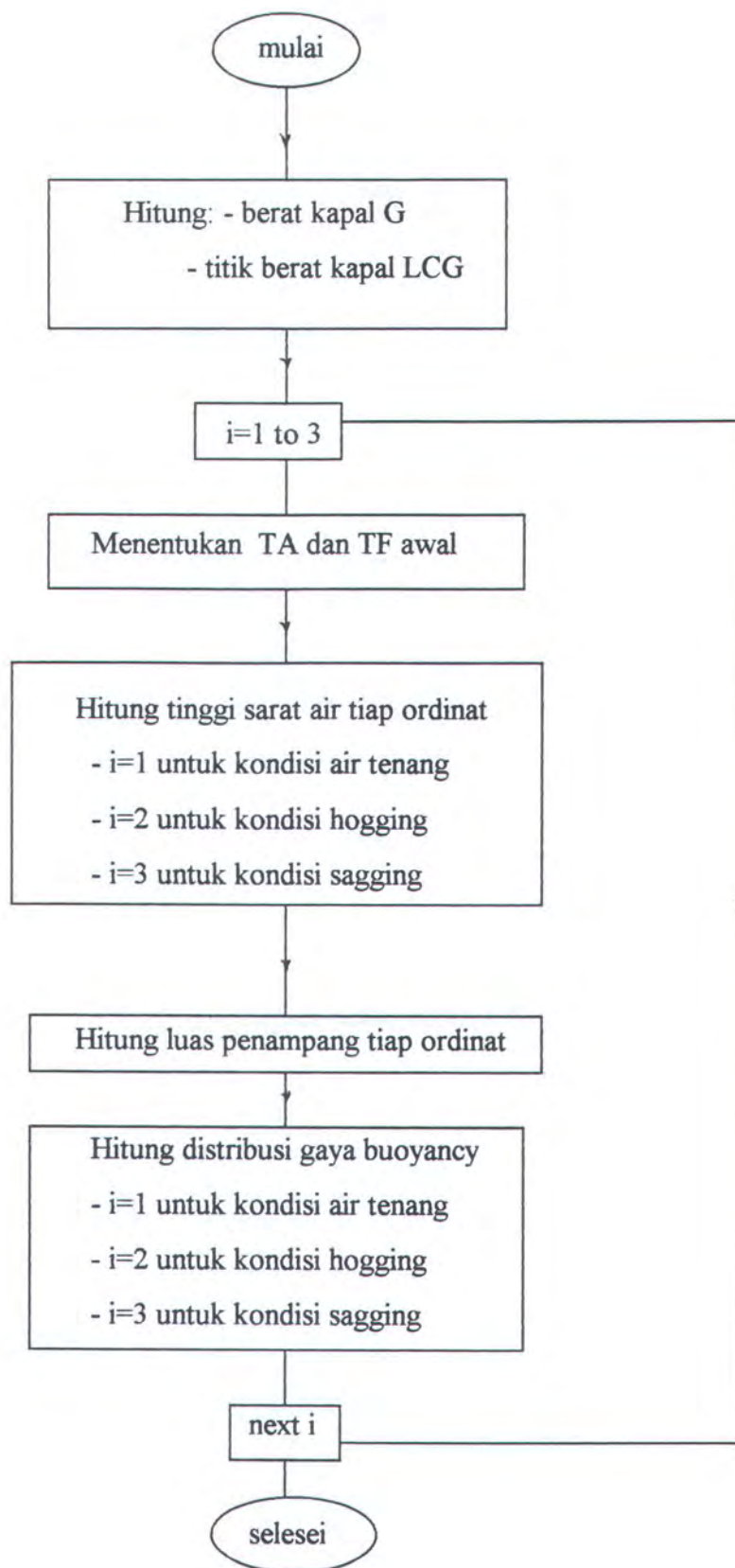
3. Distribusi berat DWT terdiri tiga kondisi, yaitu

- DWT 1 = berat muatan + consumables 100% + perlengkapan ABK
- DWT 2 = berat muatan + consumables 10% + perlengkapan ABK
- DWT 3 = consumables 100% + perlengkapan ABK + ballast

dimana consumables terdiri dari bahan bakar, minyak pelumas, air tawar, dan bahan makan.

3.6 Flow Chart Perhitungan Distribusi Gaya Buoyancy

Bentuk flow chart perhitungan distribusi gaya buoyancy adalah:



Keterangan

- Perhitungan ini dilakukan untuk setiap kondisi muatan kapal, yaitu:

- Kondisi muatan penuh + consumables 100%.
- Kondisi muatan penuh + consumables 10%.
- Kondisi muatan kosong, consumables 100% dan ballast.

- Menghitung berat kapal G dan LCG terhadap AP.

$$G = \sum (w) \quad [\text{ton}]$$

$$Mg = \sum (w \cdot f) \quad [\text{ton.m}]$$

$$LCG = Mg/G \quad [\text{m}]$$

dimana: l = jarak ordinat

w = distribusi berat antara [ton/m].

Mg = momen berat kapal G terhadap AP.

f = faktor lengan titik berat w terhadap AP.

- Untuk menghitung tinggi sarat air lihat bab 2.2.

- Untuk menghitung displasemen D dan LCB terhadap AP sama seperti menghitung G dan LCG, hanya mengganti w dengan distribusi gaya buoyancy.

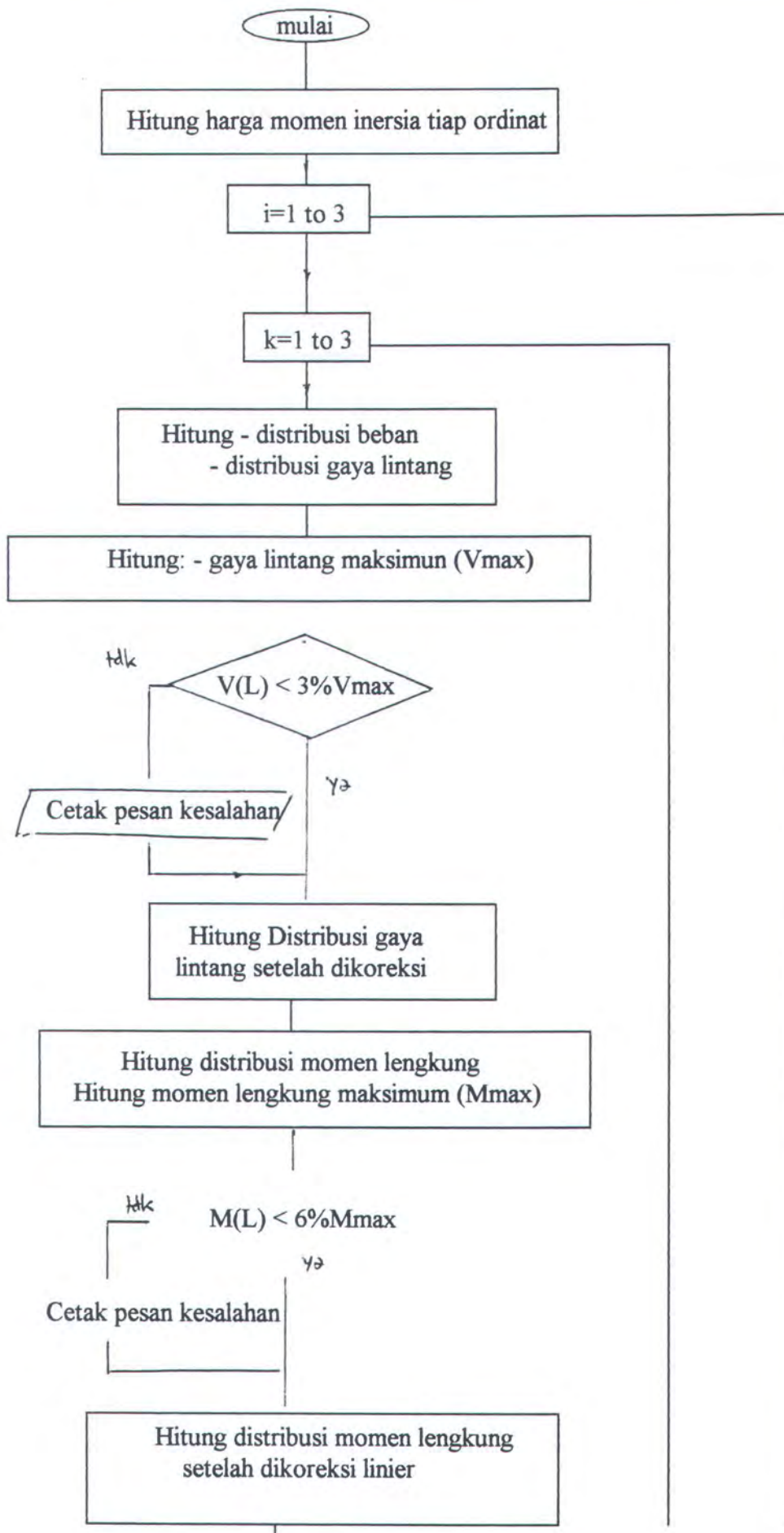
- Untuk menentukan TA, dan TF awal,

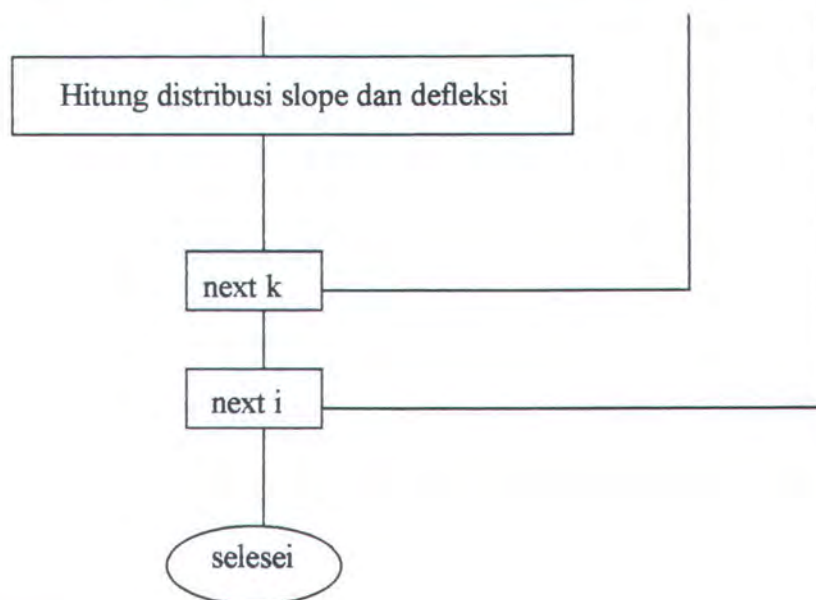
$$TA = 0,5 \times \text{tinggi geladak di AP}$$

$$TF = 0,5 \times \text{tinggi geladak di FP.}$$

3.7 Flow Chart Perhitungan Beban, Gaya Lintang, Momen Lengkung dan Defleksi Memanjang.

Bentuk flow chart perhitungan beban, gaya lintang, momen lengkung dan defleksi memanjang adalah:





Keterangan

1. $i=1$ untuk kondisi muatan penuh dan consumables 100%.
 $i=2$ untuk kondisi muatan penuh dan consumables 10%.
 $i=3$ untuk kondisi muatan kosong, consumables 100% dan ballast.
2. $k=1$ untuk gaya buoyancy kondisi air tenang.
 $k=2$ untuk gaya buoyancy kondisi sagging.
 $k=3$ untuk gaya buoyancy kondisi hogging.
3. Langkah menghitung distribusi momen inersia adalah:
 - Hitung lebar kapal setempat dan tinggi geladak setempat.
 - Baca harga c/cm tiap ordinat.
 - Hitung distribusi momen inersia,
$$I_i = cm. c/cm. B_i . D_i$$

dimana: - B_i = lebar kapal pada ordinat i

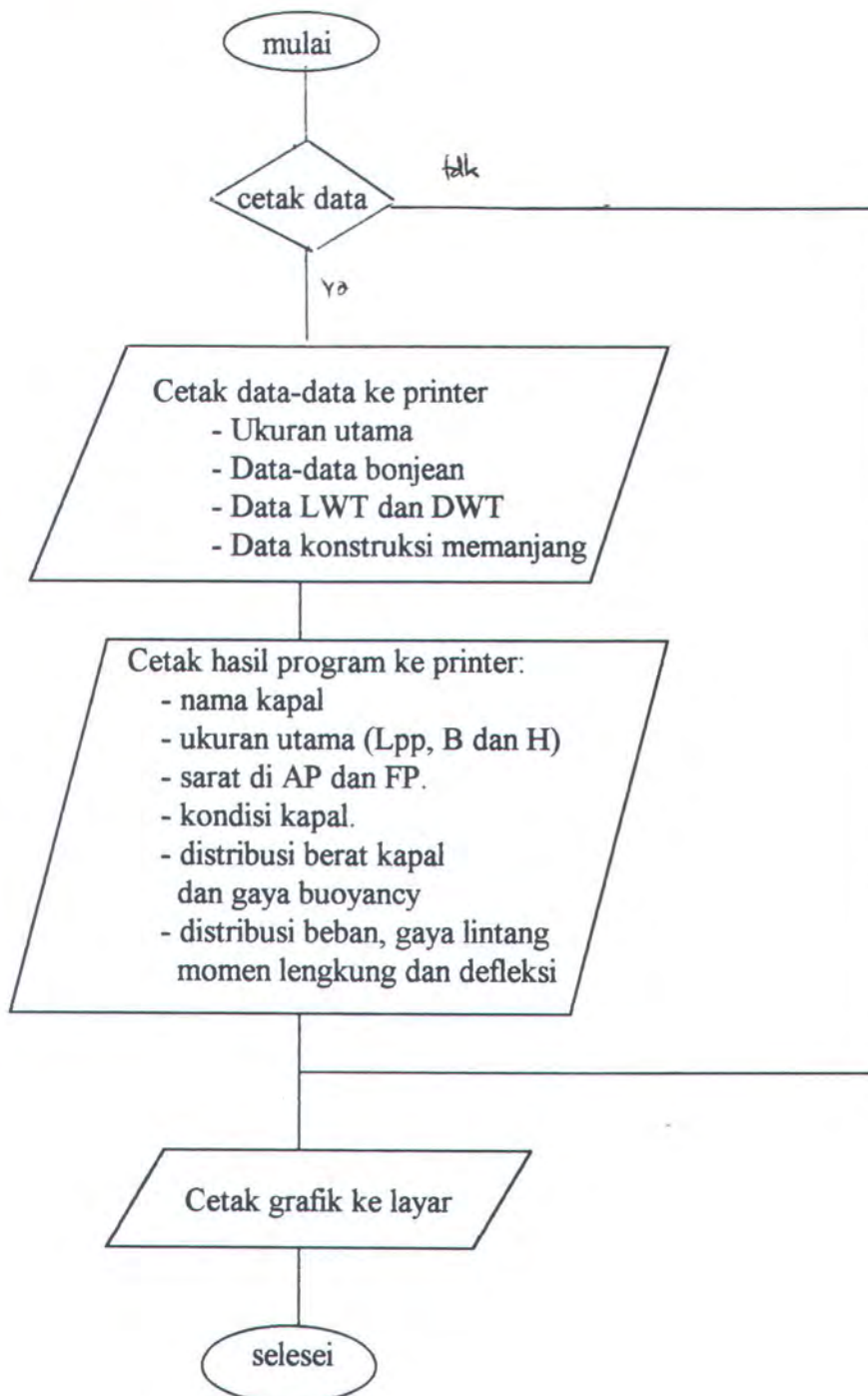
 - D_i = tinggi geladak pada ordinat i .
 - cm = harga koefisien c tengah kapal.
 - I_i = harga momen inersia pada ordinat i .

4. Perhitungan beban, gaya lintang, momen lengkung dan defleksi

memanjang lihat bab 2.

3.7 Flow Chart Cetak Data dan Hasil Perhitungan

Bentuk flow chart untuk mencetak data-data kapal dan hasil program adalah:



BAB IV

PENGUJIAN PROGRAM

Pengujian program dilakukan untuk mengetahui keabsahan program. Pengujian ini meliputi perhitungan-perhitungan berikut:

- perhitungan distribusi LWT dengan LR '64.
- perhitungan distribusi DWT.
- perhitungan momen inersia tengah kapal.
- perhitungan gaya lintang dan momen lengkung memanjang.

4.1. Pengujian Perhitungan LWT

Dalam perhitungan distribusi LWT dengan LR '64, beberapa data ditunjukkan dalam bentuk grafik. Pada program komputer data grafik tersebut diubah dalam persamaan matematis: cubic spline. Untuk mengetahui keabsahannya, hasil pembacaan data dari program dicetak ke kertas (lihat lampiran 2). Dengan membandingkan hasil grafik dari program dengan grafik pada LR '64, ternyata keabsahan program dapat dipertanggungjawabkan.

Untuk menguji perhitungan distribusi LWT, hasil program dibandingkan dengan perhitungan manual. Dengan menggunakan data-data kapal pada hasil program (lihat lampiran 3), perhitungan distribusi LWT secara manual adalah sebagai berikut:

1. Badan Kapal.

$$ND = Nd' + ld/Lpp$$

$$= 1 + 10/73 = 1,1370$$

Membaca koefisien C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , dan W_o dari grafik LR,

didapat: $W_o = 0,262$

$$C_1 = 1,44 \quad C_3 = 1,025$$

$$C_2 = 1,074 \quad C_4 = 1,05$$

Menghitung C_5 ,

- dari grafik: $C_5 = -0,96$ untuk $ND=1$

$$C_5 = 2,8674 \text{ untuk } ND=2$$

- harga C_5 untuk $ND = 1,137$

$$C_5 = -0,96 + (1,137 - 1).(2,8674 + 0,96) = -0,4356$$

- koreksi C_5 tidak ada.

$$H = C_1.B + C_2.D + C_3.d + C_4.W_o.Nt + C_5 + 2,5h$$

$$= 31,6202$$

$$m = 43,4 \cdot 10 \cdot H \cdot L = 10,0179 \text{ ton/m.}$$

Distribusi berat badan kapal = $m \times a$ [ton/m], dimana a adalah koefisien yang dibaca dari grafik LR '64. Untuk mendapatkan harga a di luar ordinat yang ada pada grafik dihitung sebagai berikut:

$$a_i = 0,5 (a_{i-1} + a_{i+1})$$

dimana i adalah nomer ordinat. Hasil perhitungan distribusi berat badan kapal ini ditunjukkan pada tabel 4.1.

Perhitungan distribusi badan kapal di belakang AP adalah sbb:

$$- W = 0,01133 m \cdot L = 8,2857 \text{ ton}$$

- Titik berat W terhadap ordinat -1,

$$x = lap/2 - 1/3 \cdot lap = 0,3 \text{ m}$$

dimana, lap = panjang ujung belakang kapal dari AP [m].

TABEL 4.1

ord	m	a	m x a	ord	W (x)
0	10.0179	0.3400	3.4061	0	3.7893
1	10.0179	0.4165	4.1725	1	4.5556
2	10.0179	0.4930	4.9388	2	5.2644
3	10.0179	0.5580	5.5900	3	5.9156
4	10.0179	0.6230	6.2412	4	6.4991
5	10.0179	0.6745	6.7571	5	7.0150
6	10.0179	0.7260	7.2730	6	7.4934
7	10.0179	0.7700	7.7138	7	7.9342
8	10.0179	0.8140	8.1546	8	8.3249
9	10.0179	0.8460	8.4952	9	8.6655
10	10.0179	0.8820	8.8358	10	8.9665
11	10.0179	0.9085	9.1013	11	9.2340
12	10.0179	0.9350	9.3667	12	9.4669
13	10.0179	0.9550	9.5671	13	9.6673
14	10.0179	0.9750	9.7675	14	9.8251
15	10.0179	0.9865	9.8627	15	9.9403
16	10.0179	0.9980	9.9979	16	10.0029
17	10.0179	0.9990	10.0079	17	10.0129
18	10.0179	1.0000	10.0179	18	10.0179
19	10.0179	1.0000	10.0179	19	10.0179
20	10.0179	1.0000	10.0179	20	10.0179
21	10.0179	1.0000	10.0179	21	10.0179
22	10.0179	1.0000	10.0179	22	10.0179
23	10.0179	0.9995	10.0129	23	10.0154
24	10.0179	0.9990	10.0079	24	10.0104
25	10.0179	0.9900	9.9177	25	9.9628
26	10.0179	0.9810	9.8276	26	9.8726
27	10.0179	0.9755	9.7725	27	9.8000
28	10.0179	0.9700	9.7174	28	9.7449
29	10.0179	0.9470	9.4870	29	9.6022
30	10.0179	0.9240	9.2565	30	9.3717
31	10.0179	0.8905	8.9209	31	9.0887
32	10.0179	0.8570	8.5853	32	8.7531
33	10.0179	0.8050	8.0644	33	8.3249
34	10.0179	0.7530	7.5435	34	7.8039
35	10.0179	0.6770	6.7821	35	7.1628
36	10.0179	0.6010	6.0206	36	6.4014
37	10.0179	0.4955	4.9639	37	5.4923
38	10.0179	0.3900	3.9070	38	4.4354
39	10.0179	0.2170	2.1739	39	3.0404
40	10.0179	0.1390	1.3925	40	1.7832

- Pemindahan distribusi berat W ke dua ordinat terdekat,

$$wb = W \cdot (0,5 - x / (0,5 \text{ lap})) = 1,3810 \text{ ton}$$

$$wd = W - wb = 6,9047 \text{ ton}$$

$$W_{-2,-1} = wb / (0,5 \text{ lap}) = 1,5344 \text{ ton/m.}$$

$$W_{-1,0} = wd / (0,5 \text{ lap}) = 7,6719 \text{ ton/m.}$$

Perhitungan distribusi berat badan kapal di depan FP,

- $W = 0,00175 \cdot m \cdot L = 1,2798 \text{ ton}$

- Titik berat terhadap FP

$$x = 1/3 \cdot lfp = 0,4 \text{ m}$$

dimana lfp=panjang ujung depan kapal terhadap FP [m].

- Pemindahan distribusi berat ke dua ordinat terdekat,

$$wb = W \cdot (lfp - 2 \cdot x) / (p1 + lfp) = 0,1692 \text{ ton}$$

$$wd = W - wb = 1,1106 \text{ ton.}$$

dimana p1 = jarak ordinat.

$$= Lpp/40 = 1,825 \text{ m.}$$

$$W_{39-40} = wb/p1 = 0,0927 \text{ ton/m.}$$

$$W_{40-41} = wd/lfp = 0,9255 \text{ ton/m.}$$

2. Akil

- $W = 0,0897 \times \text{Volume akil} = 4,485 \text{ ton}$
- $lo = 9,975 \text{ m} < 0,15 Lpp$, maka distribusi berat adalah segitiga.
- $wb = 2 \cdot W/lo = 0,8992 \text{ ton/m.}$

$$w_{36} = 0,7662 \text{ ton/m} \quad w_{39} = 0,2727 \text{ ton/m}$$

$$w_{37} = 0,6017 \text{ ton/m} \quad w_{40} = 0,1082 \text{ ton/m}$$

$$w_{38} = 0,4372 \text{ ton/m}$$

- Pemindahan berat sisa ujung belakang,

$$wsisa = 0,5 (wb + w_{36}) 1,475 = 1,2282 \text{ ton}$$

$$x = \frac{1,475}{2} + \frac{1,475 (wb - w_{36})}{6 (wb + w_{36})} = 0,7571 \text{ m}$$

$$w_{1b} = wsisa (0,5 + x/p1) = 1,1236 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = wsisa - w_{1b} = 0,1046 \text{ ton}$$

- Pemindahan berat sisa ujung depan,

$$wsisa = 0,5 \cdot w_{40} 1,2 = 0,0649 \text{ ton}$$

$$x = 1/3 \cdot 1,2 = 0,4 \text{ m}$$

$$w_{2d} = wsisa (p1 + 2x) / (p1 + 1,2) = 0,0563 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = wsisa - w_{2d} = 0,0086 \text{ ton}$$

- Distribusi berat merata,

$$W_{35-36} = w_{1b}/p1 = 0,6157 \text{ ton/m}$$

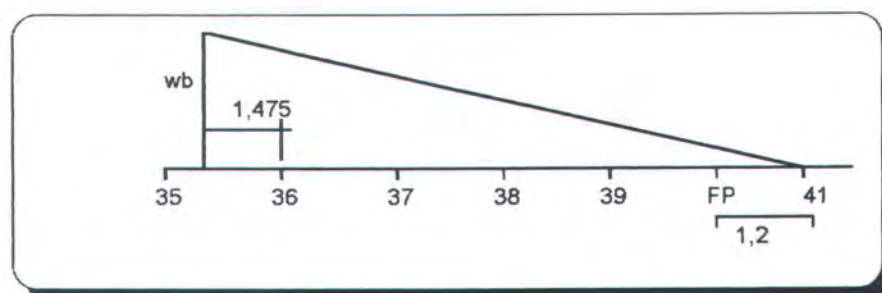
$$W_{36-37} = 0,5 (w_{36} + w_{37}) + w_{2b}/p1 = 0,7413 \text{ ton/m}$$

$$W_{37-38} = 0,5 (w_{37} + w_{38}) = 0,5195 \text{ ton/m}$$

$$W_{38-39} = 0,5 (w_{38} + w_{39}) = 0,3550 \text{ ton/m}$$

$$W_{39-40} = 0,5 (w_{39} + w_{40}) + w_{1d}/p1 = 0,1952 \text{ ton/m}$$

$$W_{40-41} = w_{2d}/1,2 = 0,0469 \text{ ton/m}$$



gambar 4.1 Distribusi berat akal

3. Anjungan

- $W = 0,1292 \times \text{Volume anjungan} = 32,3 \text{ ton}$
- Distribusi berat adalah segiempat sepanjang anjungan.

$$w_b = w_d = W/l_a = 3,23 \text{ ton/m.}$$

$$w_{12} \text{ --- } w_{16} = 3,23 \text{ ton/m}$$

- Pemindahan berat sisa ujung belakang,

$$w_{\text{sisa}} = w_b \cdot 1,425 = 4,6028 \text{ ton}$$

$$x = 1,425/2 = 0,7125 \text{ m}$$

$$w_{1b} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p_1) = 4,0984 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = w_{\text{sisa}} - w_{1b} = 0,5044 \text{ ton}$$

- Pemindahan berat sisa ujung depan,

$$w_{\text{sisa}} = w_d \cdot 1,275 = 4,1183 \text{ ton}$$

$$x = 1,275/2 = 0,6375 \text{ m}$$

$$w_{2d} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p_1) = 3,4977 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = w_{\text{sisa}} - w_{2d} = 0,6206 \text{ ton}$$

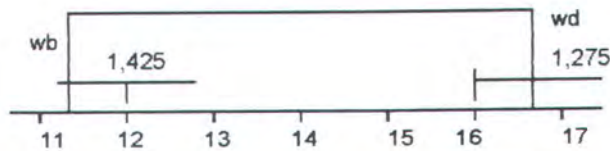
- Distribusi berat merata,

$$W_{11-12} = w_{1b}/p_1 = 2,2457 \text{ ton/m}$$

$$W_{12-13} = 0,5(w_{11} + w_{12}) + w_{2b}/p_1 = 3,5064 \text{ ton/m}$$

$$W_{13-14} = W_{14-15} = 3,23 \text{ ton/m}$$

$$W_{15-16} = 0,5(w_{15} + w_{16}) + w_{1d}/p_1 = 3,5701 \text{ ton/m}$$



gambar 4.2 Distribusi berat anjungan

4. Kimbul

- $W = 0,1292 \times \text{Volume kimbul} = 19,38 \text{ ton}$
- Distribusi berat adalah linier dengan ordinat depan (wd) sama dengan empat kali ordinat belakang (wb).

$$wb = 2/5 \times W/lk = 1,1484 \text{ ton/m.}$$

$$wd = 4 wb = 4,5936 \text{ ton/m}$$

$$w_1 = 1,7736 \text{ ton/m} \quad w_3 = 3,6366 \text{ ton/m}$$

$$w_2 = 2,7051 \text{ ton/m} \quad w_4 = 4,5681 \text{ ton/m}$$

- Pemindahan berat sisa ujung belakang,

$$wsisa = 0,5(wb + w_1) 1,225 = 1,7897 \text{ ton}$$

$$x = \frac{1,225}{2} + \frac{1,225 (wb - w_1)}{6 (wb + w_1)} = 0,5688 \text{ m}$$

$$w1b = wsisa (0,5 + x/p1) = 1,4526 \text{ ton}$$

$$w2b = wsisa - w1b = 0,3371 \text{ ton}$$

- Pemindahan berat sisa ujung depan,

$$wsisa = 0,5(w_4 + wd) 0,05 = 0,2290 \text{ ton}$$

$$x = \frac{0,05}{2} + \frac{0,05 (wd - w_4)}{6 (wd + w_4)} = 0,0250 \text{ m}$$

$$w2d = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,1176 \text{ ton}$$

$$w1d = wsisa - w2d = 0,1114 \text{ ton}$$

- Distribusi berat merata,

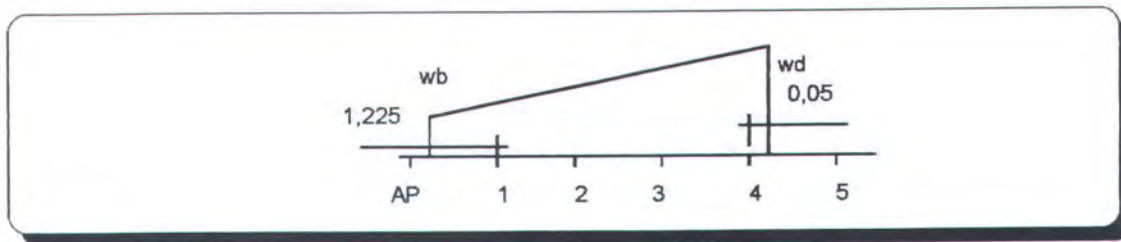
$$W_{0-1} = w1b/p1 = 0,7960 \text{ ton/m}$$

$$W_{1-2} = 0,5(w_1 + w_2) + w_{2b}/p1 = 2,4241 \text{ ton/m}$$

$$W_{2-3} = 0,5 (w_2 + w_3) = 3,1718 \text{ ton/m}$$

$$W_{3-4} = 0,5(w_3 + w_4) + w_{1d}/p1 = 4,1634 \text{ ton/m}$$

$$W_{4-5} = w_{2d}/p1 = 0,0644 \text{ ton/m}$$



gambar 4.3 Distribusi berat kimbul

5. Rumah geladak

Rumah geladak ke 1,

- $W = 0,1185 \times \text{Volume rumah geladak} = 23,7 \text{ ton}$
- Distribusi berat segiempat sepanjang rumah geladak.

$$w_b = w_d = W/l_g = 3,160 \text{ ton/m.}$$

$$w_{13} \text{ --- } w_{16} = 3,160 \text{ ton/m}$$

- Pemindahan berat sisa ujung belakang,

$$w_{\text{sisa}} = 0,5(w_b + w_{13}) 0,75 = 2,37 \text{ ton}$$

$$x = 0,75/2 = 0,375 \text{ m}$$

$$w_{1b} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p1) = 1,6720 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = w_{\text{sisa}} - w_{1b} = 0,6980 \text{ ton}$$

- Pemindahan berat sisa ujung depan,

$$w_{\text{sisa}} = 0,5(w_{16} + w_d) 1,275 = 4,0290 \text{ ton}$$

$$x = 1,275/2 = 0,635 \text{ m}$$

$$w_{2d} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p1) = 3,4219 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = w_{sisa} - w_{2d} = 0,6071 \text{ ton}$$

- Distribusi berat merata,

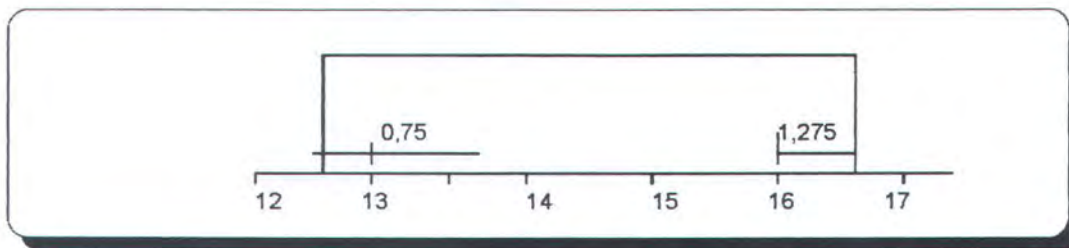
$$W_{12-13} = w_{1b}/p_1 = 0,9162 \text{ ton/m}$$

$$W_{13-14} = 0,5(w_{13} + w_{14}) + w_{2b}/p_1 = 3,5425 \text{ ton/m}$$

$$W_{14-15} = 3,16 \text{ ton/m}$$

$$W_{15-16} = 0,5(w_{15} + w_{16}) + w_{1d}/p_1 = 3,4927 \text{ ton/m}$$

$$W_{16-17} = w_{2d}/p_1 = 1,8750 \text{ ton/m}$$



gambar 4.4 Distribusi berat rumah geladak ke 1

Rumah geladak ke 2,

- $W = 16,59 \text{ ton}$

- $w_b = w_d = W/l_g = 2,9493 \text{ ton/m}$

$$w_{14} \text{ --- } w_{16} = 2,9493 \text{ ton/m}$$

- Pemindahan berat sisa ujung belakang,

$$w_{sisa} = 0,5(w_b + w_{14}) \cdot 0,7 = 2,0645 \text{ ton}$$

$$x = 0,7/2 = 0,35 \text{ m}$$

$$w_{1b} = w_{sisa} (0,5 + x/p_1) = 1,4282 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = w_{sisa} - w_{1b} = 0,6363 \text{ ton}$$

- Pemindahan berat sisa ujung depan,

$$w_{sisa} = 0,5(w_{16} + w_d) \cdot 1,275 = 3,7604 \text{ ton}$$

$$x = 1,275/2 = 0,6375 \text{ m}$$

$$w_{2d} = w_{sisa} (0,5 + x/p_1) = 3,1938 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = w_{sisa} - w_{2d} = 0,5666 \text{ ton}$$

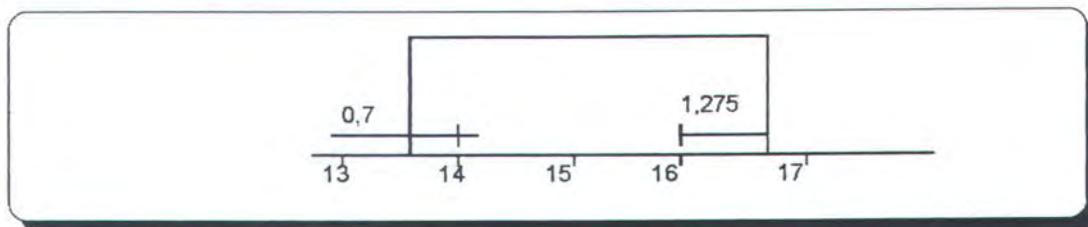
- Distribusi berat merata,

$$W_{13-14} = w_{1b}/p_1 = 0,7826 \text{ ton/m}$$

$$W_{14-15} = 0,5(w_{14} + w_{15}) + w_{2b}/p_1 = 3,2980 \text{ ton/m}$$

$$W_{15-16} = 0,5(w_{15} + w_{16}) + w_{1d}/p_1 = 3,2598 \text{ ton/m}$$

$$W_{16-17} = w_{2d}/p_1 = 1,7500 \text{ ton/m}$$



gambar 4.5 Distribusi berat rumah geladak ke 2

Distribusi berat total rumah geladak,

$$W_{12-13} = 0,9162 \text{ ton/m}$$

$$W_{13-14} = 3,5425 + 0,7826 = 4,3251 \text{ ton/m}$$

$$W_{14-15} = 3,16 + 3,2980 = 6,450 \text{ ton/m}$$

$$W_{15-16} = 3,4927 + 3,2598 = 6,7525 \text{ ton/m}$$

$$W_{16-17} = 1,875 + 1,750 = 3,6250 \text{ ton/m}$$

6. Peralatan di buritan

$$- W = 10,94 \cdot 10^{-4} \cdot L^2 = 5,8299 \text{ ton}$$

$$- l_b = 0,02 L = 1,46 \text{ m}$$

$$- x = 0 \text{ (titik berat pada AP)}$$

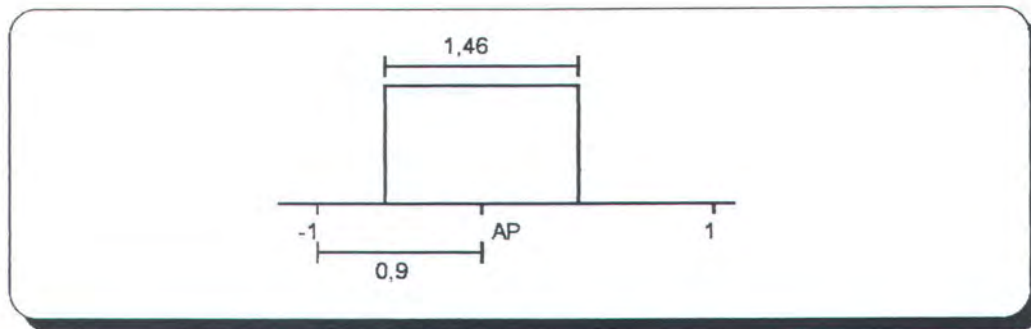
- Pemindahan berat W,

$$w_{1b} = W (p_1 + 2x) / (0,9 + p_1) = 3,9044 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = W - w_{1b} = 1,9255 \text{ ton}$$

$$W_{-1-0} = w1b/0,9 = 4,3382 \text{ ton/m}$$

$$W_{0-1} = w2b/p1 = 1,0551 \text{ ton/m}$$



gambar 4.6 Distribusi berat peralatan di buritan

7. Peralatan di haluan

$$- W = 43,75 \cdot 10^{-4} \cdot L^2 = 23,3144 \text{ ton}$$

$$- lb = 0,02 L = 1,46 \text{ m}$$

$$- x = 0,035 L - p1 = 0,73 \text{ m}$$

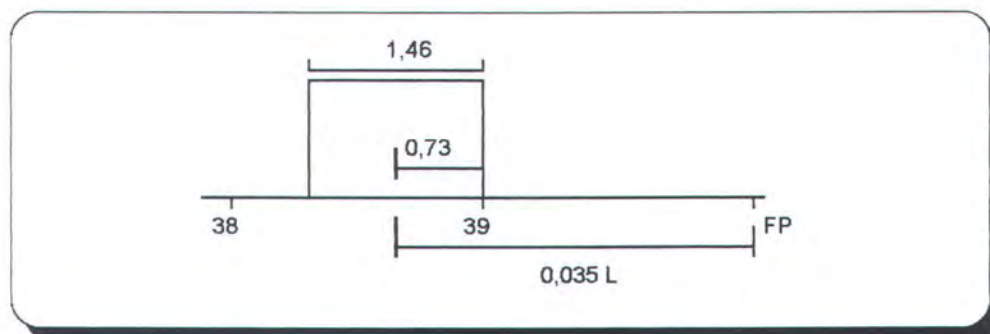
- Pemindahan berat W,

$$w1b = W (0,5 + x/p1) = 20,9830 \text{ ton}$$

$$w2b = W - w1b = 2,3314 \text{ ton}$$

$$W_{38-39} = w1b/p1 = 11,4975 \text{ ton/m}$$

$$W_{39-40} = w2b/p1 = 1,2775 \text{ ton/m}$$



gambar 4.7 Distribusi berat peralatan di haluan

8. Peralatan bongkar muat

Peralatan bongkar muat ke 1 (disangga rumah geladak),

$$W = 0,008 \cdot \Sigma (SWL)^2 + 5 nb = 10,4 \text{ ton}$$

$$lb = 0,02 L = 1,46 \text{ m}$$

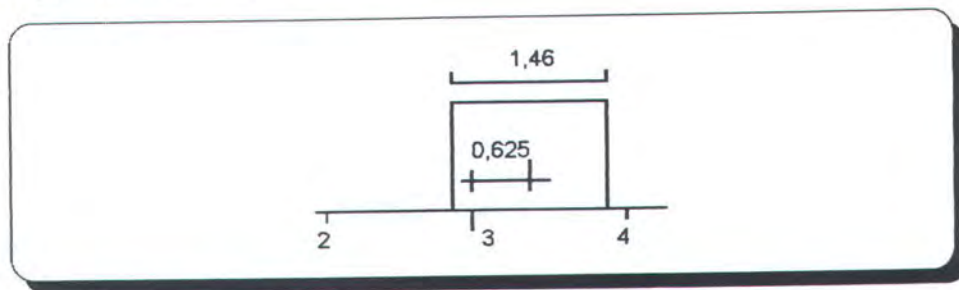
$$x = 6,1 - 3 \cdot p1 = 0,625 \text{ m}$$

$$w2d = W (0,5 + x/p1) = 8,7616 \text{ ton}$$

$$w1d = W - w2d = 1,6384 \text{ ton}$$

$$W_{2-3} = w1d/p1 = 0,8978 \text{ ton/m}$$

$$W_{3-4} = w2d/p1 = 4,801 \text{ ton/m}$$



gambar 4.8 Distribusi berat peralatan bongkar muat ke 1

Peralatan bongkar muat ke 2 (disangga tiang mast saja),

$$W = (0,008 \cdot \Sigma (SWL)^2 + 5 nb) + 10 = 30,512 \text{ ton}$$

$$lb = 0,02 L = 1,46 \text{ m}$$

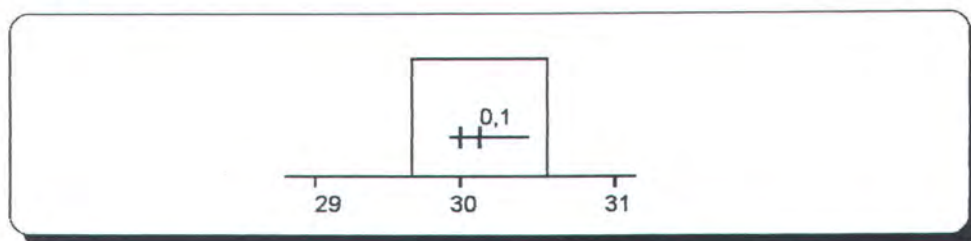
$$x = 54,85 - 30 p1 = 0,1 \text{ m}$$

$$w2d = W (0,5 + x/p1) = 16,9279 \text{ ton}$$

$$w1d = W - w2d = 13,5841 \text{ ton}$$

$$W_{29-30} = w1d/p1 = 7,4433 \text{ ton/m}$$

$$W_{30-31} = w2d/p1 = 9,2756 \text{ ton/m}$$



gambar 4.9 Distribusi berat peralatan bongkar muat ke 2

9. Ruang pendingin

$$W = 2,0 \text{ ton (dari grafik LR '64)}$$

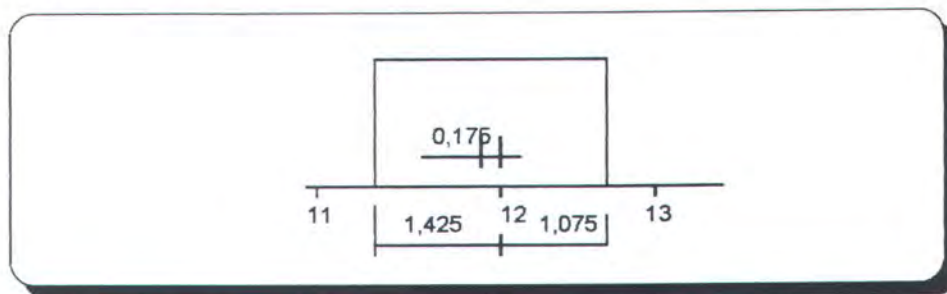
$$x = 1,425 - 0,5(1,425 + 1,075) = 0,175 \text{ m}$$

$$w_{1b} = W(0,5 + x/p_1) = 1,1918 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = W - w_{1b} = 0,8082 \text{ ton}$$

$$W_{11-12} = w_{1d}/p_1 = 0,6530 \text{ ton/m}$$

$$W_{12-13} = w_{2d}/p_1 = 0,4428 \text{ ton/m}$$



gambar 4.9 Distribusi berat ruang pendingin

10. Ruang mesin

- Menghitung berat mesin induk dan mesin bantu (dengan metode Watson),

$$W_{m \text{ induk}} = 9,38 (BHP/RPM)^{0,84} = 39,2742 \text{ ton}$$

$$W_{m \text{ bantu}} = 0,56 (1,1 BHP)^{0,7} = 80,5634 \text{ ton}$$

$$W_m = W_{m \text{ induk}} + W_{m \text{ bantu}} = 119,8376 \text{ ton}$$

- $W = W_m + (0,044 L - 1,17) l_e = 140,2576 \text{ ton}$

dimana l_e = panjang ruang mesin = 10 m

- Distribusi berat segiempat sepanjang l_e ,

$$w_b = w_d = W/l_e = 14,0258 \text{ ton/m}$$

$$w_{12} \text{ --- } w_{16} = 14,0258 \text{ ton/m}$$

- Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$w_{\text{sisa}} = 0,5(w_b + w_{12}) 1,425 = 19,9867 \text{ ton}$$

$$x = 1,425/2 = 0,7125 \text{ m}$$

$$w_{1b} = w_{\text{sisal}} (0,5 + x/p_1) = 17,7964 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = w_{\text{sisal}} - w_{1b} = 2,1903 \text{ ton}$$

- Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$w_{\text{sisal}} = 0,5(w_{16} + w_d) 1,275 = 17,8828 \text{ ton}$$

$$x = 1,275/2 = 0,6375 \text{ m}$$

$$w_{2d} = w_{\text{sisal}} (0,5 + x/p_1) = 15,1882 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = w_{\text{sisal}} - w_{2d} = 2,6947 \text{ ton}$$

- Distribusi berat merata,

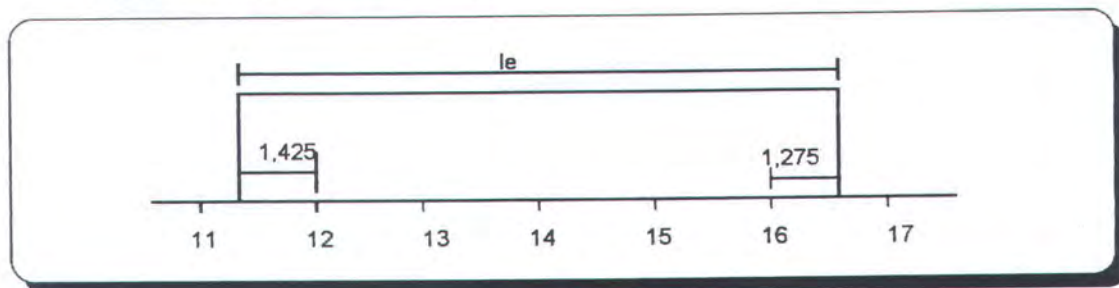
$$W_{11-12} = w_{1b}/p_1 = 9,7514 \text{ ton/m}$$

$$W_{12-13} = 0,5(w_{11} + w_{12}) + w_{2b}/p_1 = 15,2259 \text{ ton/m}$$

$$W_{13-14} = W_{14-15} = 14,0258 \text{ ton/m}$$

$$W_{15-16} = 0,5(w_{15} + w_{16}) + w_{1d}/p_1 = 15,5023 \text{ ton/m}$$

$$W_{16-17} = w_{2d}/p_1 = 8,3223 \text{ ton/m}$$



gambar 4.10 Distribusi berat ruang mesin

11. Propeller dan poros di luar kamar mesin

- $W = l_s (0,0164 L + S)$ untuk baling-baling tunggal.

$$= 30,3265 \text{ ton}$$

$$\text{dimana: } l_s = 19,475 \text{ m}$$

$$S = f(l_s/L) = 0,36 \text{ (dari grafik LR '64)}$$

- Distribusi berat berbentuk segiempat sepanjang ls,

$$w_b = w_d = W/l_s = 1,5572 \text{ ton/m}$$

$$w_1 \text{ --- } w_{11} = 1,5572 \text{ ton/m}$$

- Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$w_{\text{sisa}} = 0,5(w_b + w_1) 0,825 = 1,2847 \text{ ton}$$

$$x = 0,825/2 = 0,4125 \text{ m}$$

$$w_{1b} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p_1) = 0,9327 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = w_{\text{sisa}} - w_{1b} = 0,3520 \text{ ton}$$

- Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$w_{\text{sisa}} = 0,5(w_{10} + w_d) 0,4 = 0,6229 \text{ ton}$$

$$x = 0,4/2 = 0,2 \text{ m}$$

$$w_{2d} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p_1) = 0,3797 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = w_{\text{sisa}} - w_{2d} = 0,2432 \text{ ton}$$

- Distribusi berat merata,

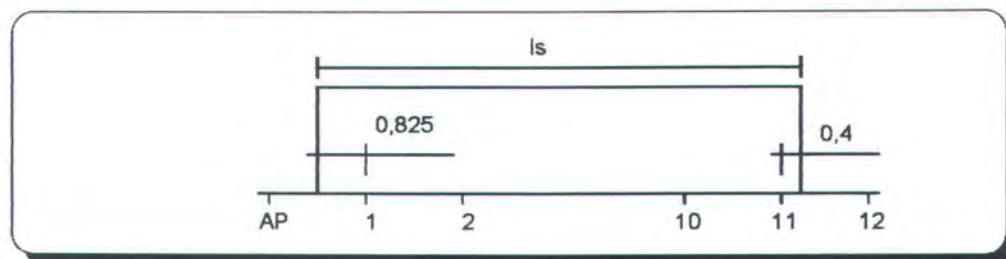
$$W_{0-1} = w_{1b}/p_1 = 0,5111 \text{ ton/m}$$

$$W_{1-2} = 0,5(w_1 + w_2) + w_{2b}/p_1 = 1,7501 \text{ ton/m}$$

$$W_{2-3} \text{ --- } W_{9-10} = 1,5572 \text{ ton/m}$$

$$W_{10-11} = 0,5(w_{10} + w_{11}) + w_{1d}/p_1 = 1,6905 \text{ ton/m}$$

$$W_{11-12} = w_{2d}/p_1 = 0,2081 \text{ ton/m}$$



gambar 4.11 Distribusi berat propeller dan poros propeller

12. Ruang akomodasi di bawah geladak menerus.

Luas penampang ruang akomodasi pada tiap ordinat adalah:

$$A_{12} = 25,8486 \text{ m} \quad A_{15} = 27,7067 \text{ m}$$

$$A_{13} = 26,5909 \text{ m} \quad A_{16} = 27,0450 \text{ m}$$

$$A_{14} = 27,7272 \text{ m} \quad A_{17} = 26,9608 \text{ m}$$

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$A_b = A_{13} + (A_{12} - A_{13}) 0,125/p1 = 26,5401 \text{ m}$$

$$wsisa = 0,0538 \times 0,5(A_b + A_{13}) \times 0,125 = 0,1787 \text{ ton}$$

$$x = \frac{0,125}{2} + \frac{0,125 (A_b - A_{13})}{6 (A_b + A_{13})} = 0,0625 \text{ m}$$

$$w1b = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,0954 \text{ ton}$$

$$w2b = wsisa - w1b = 0,0832 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa ujung depan,

$$A_d = A_{16} + (A_{17} - A_{16}) 1,275/p1 = 26,9862 \text{ m}$$

$$wsisa = 0,0538 \times 0,5(A_d + A_{16}) \times 1,275 = 1,8531 \text{ ton}$$

$$x = \frac{1,275}{2} + \frac{1,275 (A_d - A_{16})}{6 (A_d + A_{16})} = 0,6373 \text{ m}$$

$$w2d = wsisa (0,5 + x/p1) = 1,5737 \text{ ton}$$

$$w1d = wsisa - w2d = 0,2795 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata,

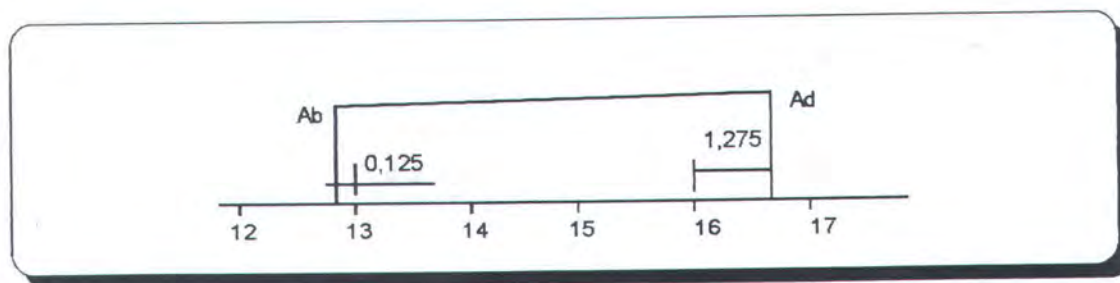
$$W_{12-13} = w1b/p1 = 0,0523 \text{ ton/m}$$

$$W_{13-14} = 0,0538 \times 0,5(A_{13} + A_{14}) + w2b/p1 = 1,5068 \text{ ton/m}$$

$$W_{14-15} = 0,0538 \times 0,5(A_{14} + A_{15}) = 1,4912 \text{ ton/m}$$

$$W_{15-16} = 0,0538 \times 0,5(A_{15} + A_{16}) + w1d/p1 = 1,6260 \text{ ton/m}$$

$$W_{16-17} = w2d/p1 = 0,8623 \text{ ton/m}$$



gambar 4.12 Distribusi berat ruang akomodasi

13. Ceruk buritan

- Luas penampang tiap ordinat pada ceruk buritan adalah:

$$A-2 = 0 \dots m \quad A1 = 16,0783 \text{ m}$$

$$A-1 = 10,058 \text{ m} \quad A2 = 20,178 \text{ m}$$

$$A0 = 12,54 \text{ m}$$

- Distribusi berat tangki ceruk di belakang AP,

ordinat	A	s	A . s	l	A.s.l
-2	0	1	0	-1	0
-1	10,058	4	40,252	0	0
0	12,54	1	12,54	1	12,54
			S1 = 52,792	S2 = 12,54	

$$\text{Volume} = 0,9/3 \times S1 = 15,8316 \text{ m}$$

Titik berat terhadap ordinat -1 adalah

$$x = 0,9 \times S2/S1 = 0,2139 \text{ m}$$

$$W = 0,0538 \times \text{Volume} = 0,8517 \text{ ton}$$

$$w2d = W (0,5 + x/0,9) = 0,6283 \text{ ton}$$

$$w1d = W - w2d = 0,2234 \text{ ton}$$

$$W_{-2,-1} = w1d/0,9 = 0,2482 \text{ ton/m}$$

$$W_{-1,0} = w2d/0,9 = 0,6981 \text{ ton/m}$$

- Distribusi berat tangki ceruk di depan AP

Pemindahan berat bagian depan

$$Ad = A_1 + (A_2 - A_1) \cdot 1,775/p1 = 20,0657 \text{ m}^2$$

$$wsisa = 0,5(Ad + A_1) \cdot 1,775 \times 0,0538 = 1,7258 \text{ ton}$$

$$x = 1,775/2 + 1,775/6(Ad - A_1)/(Ad + A_1) = 0,9201 \text{ m}$$

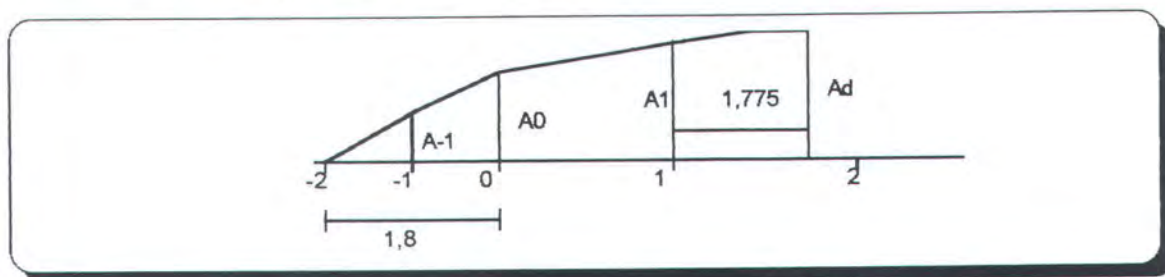
$$w2d = wsisa(0,5 + x/p1) = 1,7330 \text{ ton}$$

$$w1d = wsisa - w2d = -0,0072 \text{ ton}$$

Distribusi berta merata,

$$W_{0-1} = 0,0538 \times 0,5(A_0 + A_1) + w1d/p1 = 0,7659 \text{ ton/m}$$

$$W_{1-2} = w2d/p1 = 0,9496 \text{ ton/m}$$



gambar 4.11 Distribusi luas penampang ceruk buritan

4. Ceruk haluan

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$A = A_{39} + (A_{38} - A_{39}) \cdot 1,325/p1 = 10,418 \text{ m}$$

$$wsisa = 0,0538 \times 0,5(A + A_{39}) \times 1,35 = 0,5337 \text{ ton}$$

$$x = \frac{1,325}{2} + \frac{1,325}{6} \frac{[A - A_{39}]}{[A + A_{39}]} = 0,7489 \text{ m}$$

$$w1b = wsisa(0,5 + x/p1) = 0,4859 \text{ ton}$$

$$w2b = wsisa - w1b = 0,0478 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa ujung depan,

$$wsisa = 0,0538 \times 0,5(A_{40} + 0) \times 0,60 = 0,0249 \text{ ton}$$

$$x = 1/3 \times 0,60 = 0,20 \text{ m}$$

$$w_{2d} = w_{\text{sisia}} (p_1 + 2x)/(1,2 + p_1) = 0,0183 \text{ ton}$$

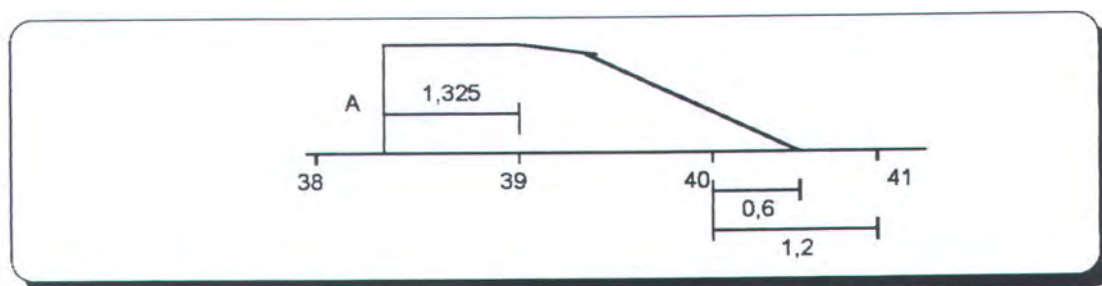
$$w_{1d} = w_{\text{sisia}} - w_{2d} = 0,0066 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata,

$$W_{38-39} = w_{1b}/p_1 = 0,2663 \text{ ton/m}$$

$$W_{39-40} = 0,0538 \times 0,5(A_{39} + A_{40}) + (w_{2b} + w_{1d})/p_1 = 0,1938 \text{ ton/m}$$

$$W_{40-41} = w_{2d}/1,2 = 0,0153 \text{ ton/m}$$



gambar 4.12 Distribusi luas penampang ceruk haluan

4.2 Pengujian Perhitungan Distribusi DWT

1. Distribusi berat muatan bersih

- Volume total ruang muat,

$$V = 2602,74 \text{ m}^3$$

- Menghitung berat per satuan volume (W/V)

$$W/V = \text{berat muatan/volume} = 0,7684 \text{ ton/m}$$

- Distribusi berat muatan di ruang muat ke 1

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$Ab1 = A_2 + (A_1 - A_2) 0,05/p1 = 15,4913 \text{ m}$$

$$wsisa = W/V \ 0,5 (Ab1 + A_2) \ 0,05 = 0,5976 \text{ ton}$$

$$x = \frac{0,05}{2} + \frac{0,05 [Ab1 - A_2]}{6 [Ab1 + A_2]} = 0,0250 \text{ m}$$

$$w1b = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,3070 \text{ ton}$$

$$w2b = wsisa - w1b = 0,2906 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$Ad1 = A_{11} + (A_{12} - A_{11}) 0,4/p1 = 54,8893 \text{ m}^2$$

$$wsisa = W/V \ 0,5 (Ad1 + A_{11}) \ 0,4 = 16,8247 \text{ ton}$$

$$x = \frac{0,4}{2} + \frac{0,4 (Ad1 - A_{11})}{6 (Ad1 + A_{11})} = 0,2002 \text{ m}$$

$$w2d = wsisa (0,5 + x/p1) = 10,2579 \text{ ton}$$

$$w1d = wsisa - w1b = 6,5669 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata,

$$W_{1-2} = w1b/p1 = 0,1682 \text{ ton/m}$$

$$W_{2-3} = W/V \ 0,5 (A_2 + A_3) + w2b/p1 = 14,1398 \text{ ton/m}$$

$$W_{3-4} = W/V \ 0,5 (A_3 + A_4) = 18,0781 \text{ ton/m}$$

$$W_{4-5} = W/V \ 0,5 (A_4 + A_5) = 22,7964 \text{ ton/m}$$

$$W_{5-6} = W/V \ 0,5 (A_5 + A_6) = 27,6315 \text{ ton/m}$$

$$W_{6-7} = W/V \ 0,5 (A_6 + A_7) = 31,5626 \text{ ton/m}$$

$$W_{7-8} = W/V \ 0,5 (A_7 + A_8) = 34,7416 \text{ ton/m}$$

$$W_{8-9} = W/V \ 0,5 (A_8 + A_9) = 37,5600 \text{ ton/m}$$

$$W_{9-10} = W/V \ 0,5 (A_9 + A_{10}) = 39,9161 \text{ ton/m}$$

$$W_{10-11} = W/V \ 0,5 (A_{10} + A_{11}) + w1d/p1 = 45,0393 \text{ ton/m}$$

$$W_{11-12} = w2d/p1 = 5,6208 \text{ ton/m}$$

- Distribusi berat muatan di ruang muat ke 2,

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$Ab2 = A_{17} + (A_{16} - A_{17}) \ 0,55/p1 = 57,5592 \text{ m}^2$$

$$wsisa = W/V \ 0,5 (Ab2 + A_{17}) \ 0,55 = 24,3263 \text{ ton}$$

$$x = 0,55/2 + 0,55/6 (Ab2 - A_{17})/(Ab2 + A_{17}) = 0,275 \text{ m}$$

$$w1b = wsisa (0,5 + x/p1) = 15,8288 \text{ ton}$$

$$w2b = wsisa - w1b = 8,4976 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$Ad2 = A_{30} + (A_{31} - A_{30}) \ 0,1/p1 = 54,4998 \text{ m}^2$$

$$wsisa = W/V \ 0,5 (Ad2 + A_{30}) \ 0,1 = 4,1979 \text{ ton}$$

$$x = 0,1/2 + 0,1/6 (Ad2 - A_{30})/(Ad2 + A_{30}) = 0,05 \text{ m}$$

$$w2d = wsisa (0,5 + x/p1) = 2,2139 \text{ ton}$$

$$w1d = wsisa - w2d = 1,9840 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata,

$$W_{16-17} = w1b/p1 = 8,6733 \text{ ton/m}$$

$$W_{17-18} = W/V \ 0,5(A_{17} + A_{18}) + w2b/p1 = 48,8859 \text{ ton/m}$$

$$W_{18-19} = W/V \ 0,5(A_{18} + A_{19}) = 44,2297 \text{ ton/m}$$

$$W_{19-20} = W/V \ 0,5 (A_{19} + A_{20}) = 44,2297 \text{ ton/m}$$

$$W_{20-21} = W/V \ 0,5 (A_{20} + A_{21}) = 44,2297 \text{ ton/m}$$

$$W_{21-22} = W/V \ 0,5 (A_{21} + A_{22}) = 44,2297 \text{ ton/m}$$

$$W_{22-23} = W/V \ 0,5 (A_{22} + A_{23}) = 44,2297 \text{ ton/m}$$

$$W_{23-24} = W/V \ 0,5 (A_{23} + A_{24}) = 44,2297 \text{ ton/m}$$

$$W_{24-25} = W/V \ 0,5 (A_{24} + A_{25}) = 44,1884 \text{ ton/m}$$

$$W_{25-26} = W/V \ 0,5 (A_{25} + A_{26}) = 44,0784 \text{ ton/m}$$

$$W_{26-27} = W/V \ 0,5 (A_{26} + A_{27}) = 43,8665 \text{ ton/m}$$

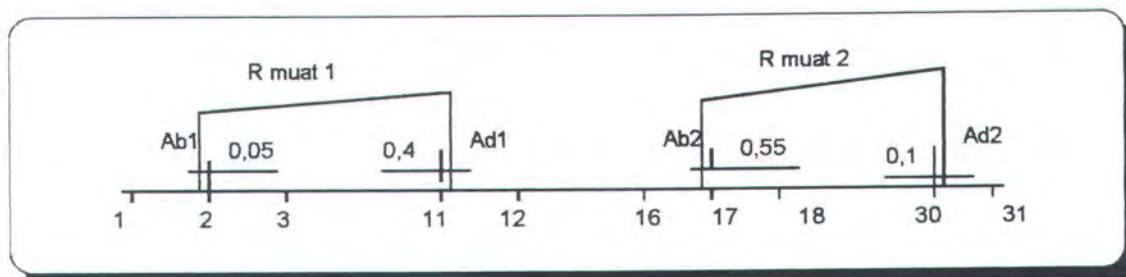
$$W_{27-28} = W/V \ 0,5 (A_{27} + A_{28}) = 43,5229 \text{ ton/m}$$

$$W_{28-29} = W/V \ 0,5 (A_{28} + A_{29}) = 43,0516 \text{ ton/m}$$

$$W_{29-30} = W/V \ 0,5 (A_{29} + A_{30}) + w1d/p1 = 43,5172 \text{ ton/m}$$

$$W_{30-31} = w2d/p1 = 1,2131 \text{ ton/m}$$

- Distribusi berat muatan di ruang muat ke 3 dihitung dengan cara yang sama, hasil perhitungan dapat dilihat pada hasil program komputer.



gambar 4.13 Distribusi ruang muat

2. Distribusi berat air tawar

$$W/V = BJ \times k = 0,96 \text{ ton/m}^3$$

dimana BJ=berat jenis air tawar = 1,0 ton/m³

k=faktor pengurangan volume tangki= 0,96.

Air tawar di tangki ceruk buritan (kondisi 100%).

- Pemindahan berat sisa di bagian depan,

$$A = A_1 + (A_2 - A_1) 1,775/p_1 = 3,6963 \text{ m}^2$$

$$wsisa = W/V \cdot 0,5(A + A_1) 1,775 = 4,5895 \text{ ton}$$

$$x = 1,775/2 + 1,775/6 (A - A_1)/(A_d + A_1) = 0,9977 \text{ m}$$

$$w2d = wsisa (0,5 + x/p_1) = 4,8036 \text{ ton}$$

$$w1d = wsisa - w2d = -0,2142 \text{ ton}$$

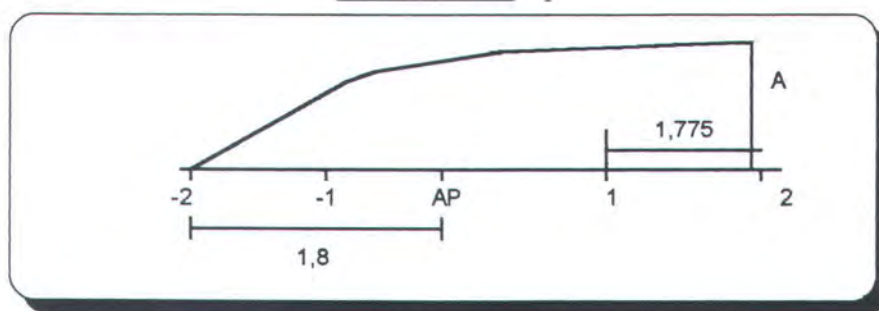
- Distribusi berat merata (isi tangki 100%),

$$W_{-2,-1} = 0,5 (A_{-2} + A_{-1}) \cdot W/V = 3,5194 \text{ ton/m}$$

$$W_{-1,0} = 0,5 (A_{-1} + A_0) W/V = 8,6168 \text{ ton/m}$$

$$W_{0,1} = 0,5 (A_0 + A_1) W/V + w1d/p_1 = 12,0287 \text{ ton/m}$$

$$W_{1,2} = w2d/p_1 = 15,3409 \text{ ton/m}$$



gambar 4.14 Distribusi ruangan di ceruk buritan

- Pada kondisi isi air tawar 10%, didapat hasil sebagai berikut:

$$W_{-2,-1} = 0 \text{ ton/m}$$

$$W_{-1,0} = 0 \text{ ton/m}$$

$$W_{1,0} = 0,6949 \text{ ton/m}$$

$$W_{1,2} = 2,6321 \text{ ton/m}$$

Air tawar di dasar ganda ruang muat,

- Kondisi isi tangki penuh (100%).

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$A_b = A_2 + (A_1 - A_2) 0,05/p_1 = 0,4034 \text{ m}^2$$

$$x = 0,05/2 + 0,05/6 (A_b - A_2)/(A_b + A_2) = 0,0249 \text{ m}$$

$$w_{sisa} = 0,5 (A_b + A_2) W/V \cdot 0,05 = 0,0195 \text{ ton}$$

$$w_{1b} = w_{sisa} (0,5 + x/p_1) = 0,0100 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = w_{sisa} - w_{1b} = 0,0095 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$A_d = A_{11} + (A_{12} - A_{11}) W/V \cdot 0,4 = 7,1633 \text{ m}^2$$

$$x = 0,4/2 + 0,4/6 (A_d - A_{11})/(A_d + A_{11}) = 0,2004 \text{ m}$$

$$w_{sisa} = 0,5 (A_d + A_{11}) W/V \cdot 0,4 = 2,7326 \text{ ton}$$

$$w_{2d} = w_{sisa} (0,5 + x/p_1) = 1,6664 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = w_{sisa} - w_{2d} = 1,0662 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata,

$$W_{1-2} = w_{1b}/p_1 = 0,0055 \text{ ton/m}$$

$$W_{2-3} = W/V \cdot 0,5(A_2 + A_3) + w_{2b}/p_1 = 0,4930 \text{ ton/m}$$

$$W_{3-4} = W/V \cdot 0,5(A_3 + A_4) = 0,8286 \text{ ton/m}$$

$$W_{4-5} = W/V \cdot 0,5(A_4 + A_5) = 1,5606 \text{ ton/m}$$

$$W_{5-6} = W/V \cdot 0,5(A_5 + A_6) = 2,5110 \text{ ton/m}$$

$$W_{6-7} = W/V \cdot 0,5(A_6 + A_7) = 3,4188 \text{ ton/m}$$

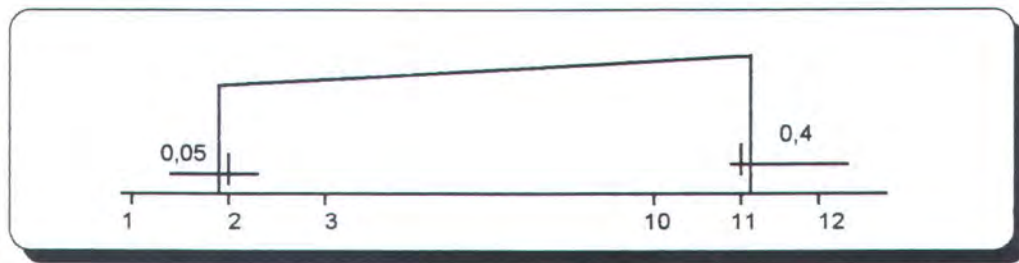
$$W_{7-8} = W/V \cdot 0,5(A_7 + A_8) = 4,2876 \text{ ton/m}$$

$$W_{8-9} = W/V \cdot 0,5(A_8 + A_9) = 5,1594 \text{ ton/m}$$

$$W_{9-10} = W/V \cdot 0,5(A_9 + A_{10}) = 5,9610 \text{ ton/m}$$

$$W_{10-11} = W/V \cdot 0,5(A_{10} + A_{11}) + w_{1d}/p_1 = 7,1356 \text{ ton/m}$$

$$W_{11-12} = w_{2d}/p_1 = 0,9131 \text{ ton/m}$$



gambar 4.15 Distribusi ruangan air tawar di dasar ganda

- Kondisi air tawar 10%, didapat hasil sebagai berikut:

$$W_{1-2} = w_{1b}/p_1 = 0,0005 \text{ ton/m}$$

$$W_{2-3} = W/V \cdot 0,5(A_2 + A_3) + w_{2b}/p_1 = 0,0352 \text{ ton/m}$$

$$W_{3-4} = W/V \cdot 0,5(A_3 + A_4) = 0,0505 \text{ ton/m}$$

$$W_{4-5} = W/V \cdot 0,5(A_4 + A_5) = 0,1237 \text{ ton/m}$$

$$W_{5-6} = W/V \cdot 0,5(A_5 + A_6) = 0,2316 \text{ ton/m}$$

$$W_{6-7} = W/V \cdot 0,5(A_6 + A_7) = 0,3447 \text{ ton/m}$$

$$W_{7-8} = W/V \cdot 0,5(A_7 + A_8) = 0,4541 \text{ ton/m}$$

$$W_{8-9} = W/V \cdot 0,5(A_8 + A_9) = 0,5441 \text{ ton/m}$$

$$W_{9-10} = W/V \cdot 0,5(A_9 + A_{10}) = 0,6183 \text{ ton/m}$$

$$W_{10-11} = W/V \cdot 0,5(A_{10} + A_{11}) + w_{1d}/p_1 = 0,7429 \text{ ton/m}$$

$$W_{11-12} = w_{2d}/p_1 = 0,0957 \text{ ton/m}$$

3. Distribusi berat minyak pelumas.

$$W/V = BJ \times k = 0.864 \text{ ton/m}^3$$

dimana BJ = berat jenis minyak pelumas = 0,9 ton/m³

k = faktor pengurangan volume tangki = 0,96.

- Kondisi isi tangki penuh (100%).

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$A_b = A_{13} + (A_{12} - A_{13}) \cdot 0,125/p_1 = 10,4623 \text{ m}^2$$

$$x = 0,125/2 + \quad = 0,0625 \text{ m}$$

$$wsisa = 0,5 (Ab + A13) 0,125 W/V = 1,1317 \text{ ton}$$

$$w1b = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,6046 \text{ ton}$$

$$w2b = wsisa - w1b = 0,5271 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$Ad = A13 + (A14 - A13) 1,75/p1 = 10,9082 \text{ m}^2$$

$$x = 1,75/2 + \quad = 0,8806 \text{ m}$$

$$w2d = wsisa (0,5 + x/p1) = 15,8978 \text{ ton}$$

$$w1d = wsisa - w2d = 0,2825 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata,

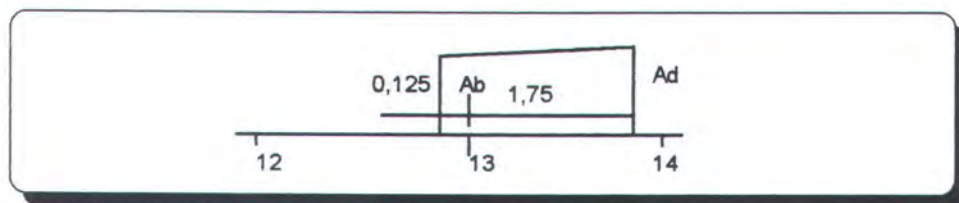
$$W12-13 = (w1b + w1d)/p1 = 0,4860 \text{ ton/m}$$

$$W13-14 = (w2b + w2d)/p1 = 8,9999 \text{ ton/m}$$

- Kondisi isi tangki 10%, didapat hasil sebagai berikut:

$$W12-13 = 0,0477 \text{ ton/m}$$

$$W13-14 = 0,8999 \text{ ton/m}$$



gambar 4.16 Distribusi ruangan minyak pelumas

4. Distribusi berat diesel oil.

$$W/V = BJ \times k = 0.816 \text{ ton/m}^3$$

dimana BJ=berat jenis diesel oil = 0,85 ton/m³

k=faktor pengurangan volume tangki= 0,96.

- Kondisi isi tangki penuh (100%).

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$A_b = A_{14} + (A_{13} - A_{14}) 0,075/p_1 = 10,9082 \text{ m}^2$$

$$x = 0,075/2 + 0,075/6 (A_b - A_{14})/(A_b + A_{14}) = 0,0375 \text{ m}$$

$$w_{sisa} = 0,5 (A_b + A_{14}) W/V \cdot 0,075 = 0,6681 \text{ ton}$$

$$w_{1b} = w_{sisa} (0,5 + x/p_1) = 0,3478 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = w_{sisa} - w_{1b} = 0,3203 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$A_d = A_{16} + (A_{17} - A_{16}) W/V \cdot 1,275 = 11,6819 \text{ m}^2$$

$$x = 1,275/2 + 1,275/6 (A_d - A_{16})/(A_d + A_{16}) = 0,6375 \text{ m}$$

$$w_{sisa} = 0,5 (A_d + A_{11}) W/V \cdot 1,275 = 12,1538 \text{ ton}$$

$$w_{2d} = w_{sisa} (0,5 + x/p_1) = 10,3224 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = w_{sisa} - w_{2d} = 1,8314 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata,

$$W_{13-14} = w_{1b}/p_1 = 0,1906 \text{ ton/m}$$

$$W_{14-15} = W/V \times 0,5(A_{14} + A_{15}) + w_{2b}/p_1 = 9,2838 \text{ ton/m}$$

$$W_{15-16} = W/V \times 0,5 (A_{15} + A_{16}) + w_{1d}/p_1 = 10,4203 \text{ ton/m}$$

$$W_{16-17} = w_{2d}/p_1 = 5,6561 \text{ ton/m}$$

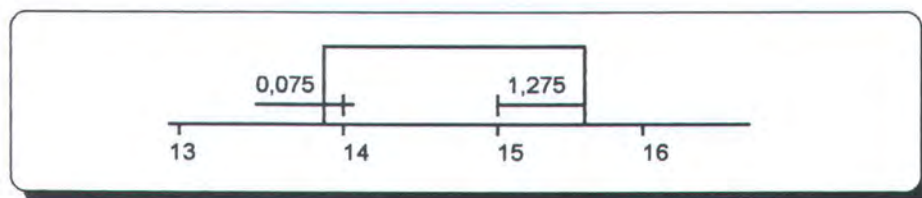
- Kondisi isi tanki 10%, didapat hasil sebagai berikut:

$$W_{13-14} = w_{1b}/p_1 = 0,0187 \text{ ton/m}$$

$$W_{14-15} = W/V \times 0,5(A_{14} + A_{15}) + w_{2b}/p_1 = 0,9183 \text{ ton/m}$$

$$W_{15-16} = W/V \times 0,5 (A_{15} + A_{16}) + w_{1d}/p_1 = 1,0456 \text{ ton/m}$$

$$W_{16-17} = w_{2d}/p_1 = 0,5701 \text{ ton/m}$$



gambar 4.16 Distribusi ruangan tangki diesel oil

5. Distribusi berat heavy fuel oil.

$$W/V = BJ \times k = 0,912 \text{ ton/m}^3$$

dimana BJ=berat jenis diesel oil = 0,95 ton/m³

k=faktor pengurangan volume tangki= 0,96.

- Kondisi isi tangki penuh (100%).

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$A_b = A_{17} + (A_{16} - A_{17}) 0,55/p_1 = 8,81 \text{ m}^2$$

$$x = 0,55/2 = 0,275 \text{ m}$$

$$w_{\text{sisa}} = 0,5 (A_b + A_{17}) W/V \cdot 0,55 = 4,4191 \text{ ton}$$

$$w_{1b} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p_1) = 2,8754 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = w_{\text{sisa}} - w_{1b} = 1,5437 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$A_d = A_{30} + (A_{31} - A_{30}) W/V \cdot 0,1 = 7,5256 \text{ m}^2$$

$$x = 0,1/2 + 0,1/6 (A_d - A_{30})/(A_d + A_{30}) = 0,0500 \text{ m}$$

$$w_{\text{sisa}} = 0,5 (A_d + A_{30}) W/V \cdot 0,1 = 0,6879 \text{ ton}$$

$$w_{2d} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p_1) = 0,3628 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = w_{\text{sisa}} - w_{2d} = 0,3251 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata,

$$W_{16-17} = w_{1b}/p_1 = 1,5756 \text{ ton/m}$$

$$W_{17-18} = W/V \times 0,5(A_{17} + A_{18}) + w_{2b}/p_1 = 8,8806 \text{ ton/m}$$

$$W_{18-19} = W/V \times 0,5(A_{18} + A_{19}) = 8,0347 \text{ ton/m}$$

$$W_{19-20} \text{ -- } W_{23-24} = W_{18-19} = 8,0347 \text{ ton/m}$$

$$W_{24-25} = W/V \times 0,5 (A_{24} + A_{25}) = 8,0279 \text{ ton/m}$$

$$W_{25-26} = W/V \times 0,5 (A_{25} + A_{26}) = 8,0096 \text{ ton/m}$$

$$W_{26-27} = W/V \times 0,5 (A_{26} + A_{27}) = 7,9703 \text{ ton/m}$$

$$W_{27-28} = W/V \times 0,5 (A_{27} + A_{28}) = 7,9019 \text{ ton/m}$$

$$W_{28-29} = W/V \times 0,5 (A_{28} + A_{29}) = 7,6717 \text{ ton/m}$$

$$W_{29-30} = W/V \times 0,5 (A_{30} + A_{31}) + w_{ld/p1} = 7,3664 \text{ ton/m}$$

$$W_{30-31} = w_{2d/p1} = 0,1988 \text{ ton/m}$$

- Kondisi isi tangki 10%, didapat hasil sebagai berikut:

$$W_{16-17} = w_{1b/p1} = 0.1553 \text{ ton/m}$$

$$W_{17-18} = W/V \times 0,5(A_{17} + A_{18}) + w_{2b/p1} = 0.8755 \text{ ton/m}$$

$$W_{18-19} = W/V \times 0,5(A_{18} + A_{19}) = 0.7921 \text{ ton/m}$$

$$W_{19-20} \text{ -- } W_{23-24} = W_{18-19} = 0.7921 \text{ ton/m}$$

$$W_{24-25} = W/V \times 0,5 (A_{24} + A_{25}) = 0.7928 \text{ ton/m}$$

$$W_{25-26} = W/V \times 0,5 (A_{25} + A_{26}) = 0.7946 \text{ ton/m}$$

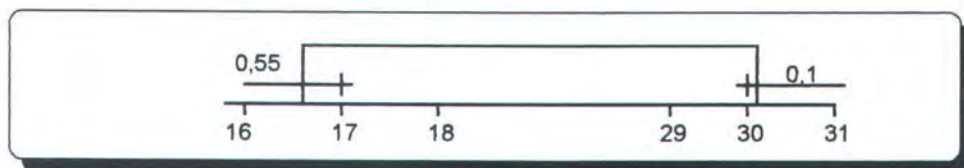
$$W_{26-27} = W/V \times 0,5 (A_{26} + A_{27}) = 0.8026 \text{ ton/m}$$

$$W_{27-28} = W/V \times 0,5 (A_{27} + A_{28}) = 0.8201 \text{ ton/m}$$

$$W_{28-29} = W/V \times 0,5 (A_{28} + A_{29}) = 0.8098 \text{ ton/m}$$

$$W_{29-30} = W/V \times 0,5 (A_{30} + A_{31}) + w_{ld/p1} = 0.7661 \text{ ton/m}$$

$$W_{30-31} = w_{2d/p1} = 0,0204 \text{ ton/m}$$



gambar 4.17 Distribusi ruangan heavy fuel oil

6. Distribusi berat air ballast.

$$W/V = BJ \times k = 0,984 \text{ ton/m}^3$$

dimana BJ=berat jenis air laut = 1,025 ton/m³

k =faktor pengurangan volume tangki= 0,96.

Distribusi air ballast di dasar ganda ruang muat,

- Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$A_b = A_{31} + (A_{30} - A_{31}) \cdot 1,725/p_1 = 7,5256 \text{ m}^2$$

$$x = 1,725/2 + \dots = 0,275 \text{ m}$$

$$w_{\text{sisa}} = 0,5 (A_b + A_{31}) W/V \cdot 1,725 = 12,2706 \text{ ton}$$

$$w_{1b} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p_1) = 12,0137 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = w_{\text{sisa}} - w_{1b} = 0,2569 \text{ ton}$$

- Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$A_d = A_{38} + (A_{39} - A_{38}) W/V \cdot 0,5 = 0,6905 \text{ m}^2$$

$$x = 0,5/2 + 0,5/6 (A_d - A_{38}) / (A_d + A_{38}) = 0,2429 \text{ m}$$

$$w_{\text{sisa}} = 0,5 (A_d + A_{38}) W/V \cdot 0,5 = 0,3716 \text{ ton}$$

$$w_{2d} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p_1) = 0,2352 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = w_{\text{sisa}} - w_{2d} = 0,1363 \text{ ton}$$

- Distribusi berat merata,

$$W_{30-31} = w_{1b}/p_1 = 6,5829 \text{ ton/m}$$

$$W_{31-32} = W/V \times 0,5(A_{17} + A_{18}) + w_{2b}/p_1 = 6,6216 \text{ ton/m}$$

$$W_{32-33} = W/V \times 0,5(A_{18} + A_{19}) = 5,7177 \text{ ton/m}$$

$$W_{33-34} = W/V \times 0,5(A_{33} + A_{34}) = 4,8075 \text{ ton/m}$$

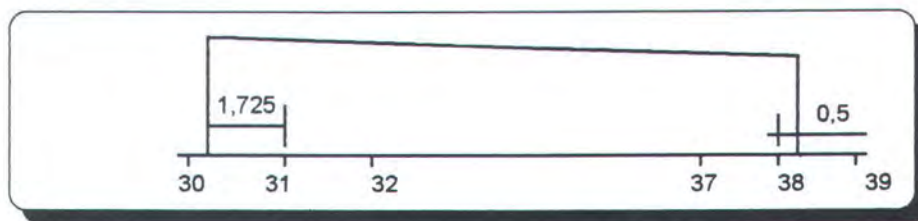
$$W_{34-35} = W/V \times 0,5 (A_{24} + A_{25}) = 3,7909 \text{ ton/m}$$

$$W_{35-36} = W/V \times 0,5 (A_{25} + A_{26}) = 2,6839 \text{ ton/m}$$

$$W_{36-37} = W/V \times 0,5 (A_{26} + A_{27}) = 1,7239 \text{ ton/m}$$

$$W_{37-38} = W/V \times 0,5 (A_{30} + A_{31}) + w_{1d}/p_1 = 1,1491 \text{ ton/m}$$

$$W_{38-39} = w_{2d}/p_1 = 0,1289 \text{ ton/m}$$



gambar 4.18 Distribusi ruangan air ballast (dasar ganda)

7. Distribusi berat bahan makanan

$$W = 1,5 \text{ ton}$$

Distribusi berat pada kondisi 100%,

$$x = 0,5 (1,425 + 1,7) - 1,425 = 0,1375 \text{ m}$$

$$w_{2d} = W (0,5 + x/p_1) = 0,8630 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = W - w_{2d} = 0,6370 \text{ ton}$$

$$W_{11-12} = w_{1d}/p_1 = 0,3490 \text{ ton/m}$$

$$W_{12-13} = w_{2d}/p_1 = 0,4729 \text{ ton/m}$$

Sedang untuk kondisi 10%, distribusi berat adalah

$$W_{11-12} = 0,0349 \text{ ton/m}$$

$$W_{12-13} = 0,0473 \text{ ton/m}$$

8. Distribusi berat perlengkapan ABK

- Perlengkapan ABK di ruang akomodasi ke 1,

$$W = 0,8 \text{ ton}$$

$$l = \text{panjang ruangan} = 6,75 \text{ m}$$

$$W/l = 0,8/6,75 = 0,1185 \text{ ton/m}$$

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$w_{\text{sisa}} = 1,225 \times W/l = 0,1452 \text{ ton}$$

$$x = 1,225/2 = 0,6125 \text{ m}$$

$$w1b = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,1213 \text{ ton}$$

$$w2b = wsisa - w1b = 0,0239 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$wsisa = 0,05 \times W/l = 0,0059 \text{ ton}$$

$$x = 0,05/2 = 0,025 \text{ m}$$

$$w2d = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,0030 \text{ ton}$$

$$w1d = wsisa - w2d = 0,0029 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata:

$$W0-1 = w1b/p1 = 0,0665 \text{ ton/m}$$

$$W1-2 = W/l + w2b/p1 = 0,1316 \text{ ton/m}$$

$$W2-3 = W/l = 0,1185 \text{ ton/m}$$

$$W3-4 = W/l + w1d/p1 = 0,1201 \text{ ton/m}$$

$$W4-5 = w2d/p1 = 0,0016 \text{ ton/m}$$

- Perlengkapan ABK di ruang akomodasi ke 2,

$$W = 2,0 \text{ ton}$$

$$l = \text{panjang ruangan} = 10,0 \text{ m}$$

$$W/l = 2,0/10,0 = 0,20 \text{ ton/m}$$

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$wsisa = 1,425 \times W/l = 0,285 \text{ ton}$$

$$x = 1,425/2 = 0,7125 \text{ m}$$

$$w1b = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,2538 \text{ ton}$$

$$w2b = wsisa - w1b = 0,0312 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$wsisa = 1,275 \times W/l = 0,255 \text{ ton}$$

$$x = 1,275/2 = 0,6375 \text{ m}$$

$$w2d = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,2166 \text{ ton}$$

$$w1d = wsisa - w2d = 0,0384 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata:

$$W11-12 = w1b/p1 = 0,1391 \text{ ton/m}$$

$$W12-13 = W/l + w2b/p1 = 0,2171 \text{ ton/m}$$

$$W13-14 = W14-15 = 0,20 \text{ ton/m}$$

$$W15-16 = W/l + w1d/p1 = 0,2210 \text{ ton/m}$$

$$W16-17 = w2d/p1 = 0,1187 \text{ ton/m}$$

- Perlengkapan ABK di ruang akomodasi ke 3,

$$W = 1,6 \text{ ton}$$

$$l = \text{panjang ruangan} = 7,5 \text{ m}$$

$$W/l = 1,6/7,5 = 0,2133 \text{ ton/m}$$

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$wsisa = 0,75 \times W/l = 0,1600 \text{ ton}$$

$$x = 0,75/2 = 0,375 \text{ m}$$

$$w1b = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,1129 \text{ ton}$$

$$w2b = wsisa - w1b = 0,0471 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$wsisa = 1,275 \times W/l = 0,2720 \text{ ton}$$

$$x = 1,275/2 = 0,6375 \text{ m}$$

$$w2d = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,2310 \text{ ton}$$

$$w1d = wsisa - w2d = 0,0410 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata:

$$W_{12-13} = w_{1b}/p_1 = 0,0619 \text{ ton/m}$$

$$W_{13-14} = W/l + w_{2b}/p_1 = 0,2391 \text{ ton/m}$$

$$W_{14-15} = W/l = 0,2133 \text{ ton/m}$$

$$W_{15-16} = W/l + w_{1d}/p_1 = 0,2358 \text{ ton/m}$$

$$W_{16-17} = w_{2d}/p_1 = 0,1266 \text{ ton/m}$$

- Perlengkapan ABK di ruang akomodasi ke 4,

$$W = 1,2 \text{ ton}$$

$$l = \text{panjang ruangan} = 5,625 \text{ m}$$

$$W/l = 0,2133 \text{ ton/m}$$

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$w_{\text{sisa}} = 0,7 \times W/l = 0,1493 \text{ ton}$$

$$x = 0,7/2 = 0,35 \text{ m}$$

$$w_{1b} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p_1) = 0,1033 \text{ ton}$$

$$w_{2b} = w_{\text{sisa}} - w_{1b} = 0,046 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$w_{\text{sisa}} = 1,275 \times W/l = 0,2720 \text{ ton}$$

$$x = 1,275/2 = 0,6375 \text{ m}$$

$$w_{2d} = w_{\text{sisa}} (0,5 + x/p_1) = 0,2310 \text{ ton}$$

$$w_{1d} = w_{\text{sisa}} - w_{2d} = 0,0410 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata:

$$W_{13-14} = w_{1b}/p_1 = 0,0566 \text{ ton/m}$$

$$W_{14-15} = W/l + w_{2b}/p_1 = 0,2385 \text{ ton/m}$$

$$W_{15-16} = W/l + w_{1d}/p_1 = 0,2358 \text{ ton/m}$$

$$W_{16-17} = w_{2d}/p_1 = 0,1266 \text{ ton/m}$$

- Perlengkapan ABK di ruang akomodasi ke 5,

$$W = 1,8 \text{ ton}$$

$$l = \text{panjang ruangan} = 6,875 \text{ m}$$

$$W/l = 0,2618 \text{ ton/m}$$

Pemindahan berat sisa bagian belakang,

$$wsisa = 0,125 \times W/l = 0,0327 \text{ ton}$$

$$x = 0,125/2 = 0,0625 \text{ m}$$

$$w1b = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,0175 \text{ ton}$$

$$w2b = wsisa - w1b = 0,0152 \text{ ton}$$

Pemindahan berat sisa bagian depan,

$$wsisa = 1,275 \times W/l = 0,3338 \text{ ton}$$

$$x = 1,275/2 = 0,6375 \text{ m}$$

$$w2d = wsisa (0,5 + x/p1) = 0,2835 \text{ ton}$$

$$w1d = wsisa - w2d = 0,0503 \text{ ton}$$

Distribusi berat merata:

$$W12-13 = w1b/p1 = 0,0096 \text{ ton/m}$$

$$W13-14 = W/l + w2b/p1 = 0,2701 \text{ ton/m}$$

$$W14-15 = W/l = 0,2618 \text{ ton/m}$$

$$W15-16 = W/l + w1d/p1 = 0,2894 \text{ ton/m}$$

$$W16-17 = w2d/p1 = 0,1553 \text{ ton/m}$$

Distribusi berat merata seluruh perlengkapan ABK adalah:

$$W0-1 = 0,0665 \text{ ton/m}$$

$$W1-2 = 0,1316 \text{ ton/m}$$

$$W2-3 = 0,1185 \text{ ton/m}$$

$$W3-4 = 0,1201 \text{ ton m}$$

$$W4-5 = 0,0016 \text{ ton m}$$

$$W11-12 = 0,1391 \text{ ton/m}$$

$$W12-13 = 0,2171 + 0,0619 + 0,0096 = 0,2886 \text{ ton/m}$$

$$W13-14 = 0,20 + 0,2391 + 0,0566 + 0,2701 = 0,7658 \text{ ton/m}$$

$$W14-15 = 0,20 + 0,2133 + 0,2385 + 0,2618 = 0,9136 \text{ ton/m}$$

$$W15-16 = 0,2210 + 0,2358 + 0,2358 + 0,2894 = 0,9820 \text{ ton/m}$$

$$W16-17 = 0,1187 + 0,1266 + 0,1266 + 0,1553 = 0,5272 \text{ ton/m}$$

4.3 Pengujian Perhitungan Momen Inersia

Pengujian perhitungan momen inersia tengah kapal dilakukan dengan memeriksa ketepatan hasil program (lihat hasil program pada lampiran). Pendekatan yang dipakai dalam perhitungan momen inersia adalah:

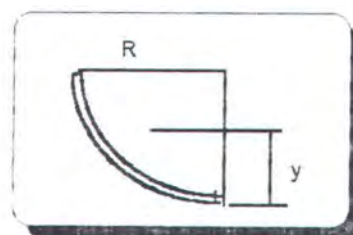
- Titik berat konstruksi geladak (misal pelat geladak, pembujur, penumpu tengah) terhadap geladak tepi diambil $2/3$ dari tinggi chamber.
- Modulus terhadap alas diukur pada pelat lunas.
- Modulus terhadap geladak diukur pada geladak tepi.
- Pada perhitungan momen inersia dari pelat bilga, panjang pelat diambil $1/4$ lingkaran (bila tidak ada rise of floor).

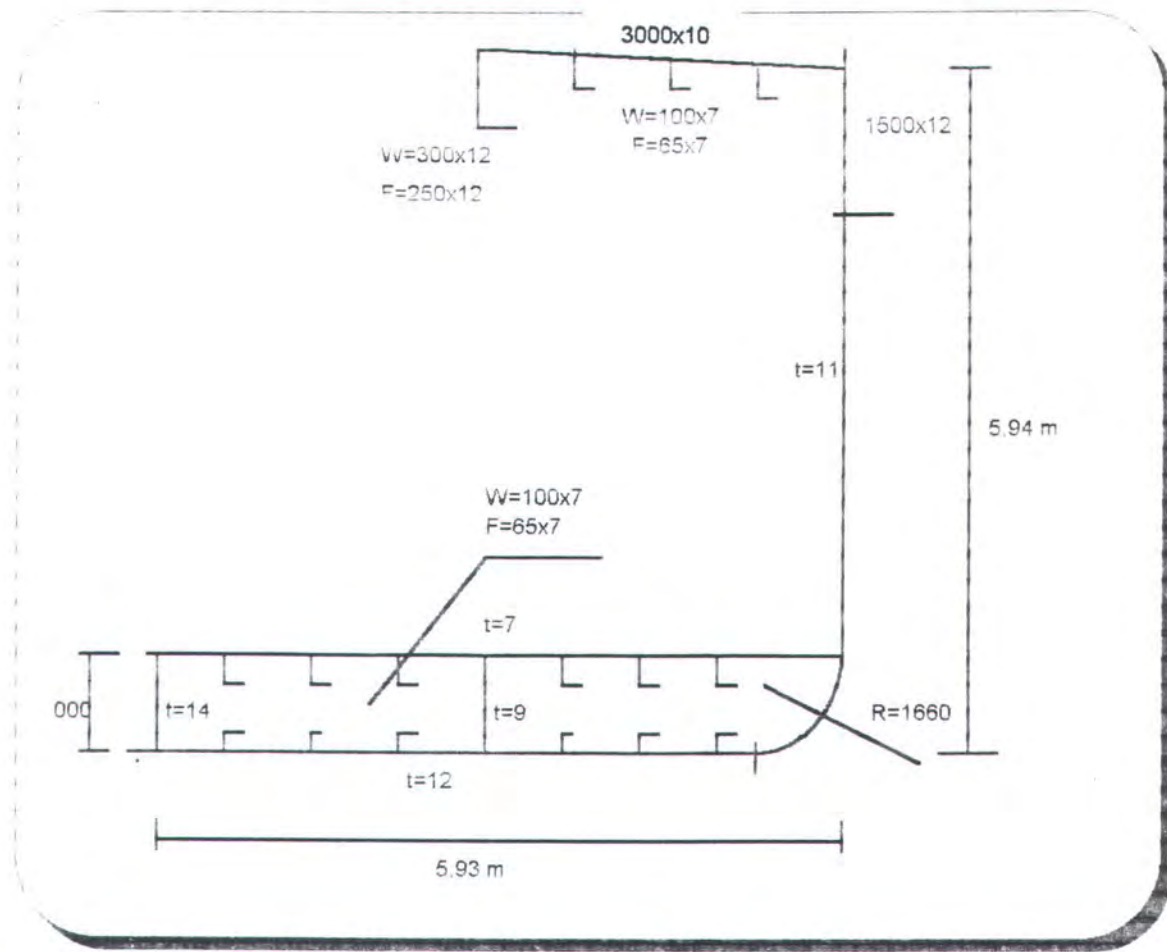
$$\text{area} = 1/2 \pi R \cdot t$$

$$y = \frac{1}{\pi} \cdot (\pi - 2) R$$

$$I_o = (1/2 - 4/\pi^2) \cdot R^2$$

dimana: R = jari-jari bilga dan t = tebal pelat bilga.





gambar 4.19 Konstruksi tengah kapal

- Untuk pelat yang miring, perhitungan momen inersia sebagai berikut:

$$I_o = 1/12 \cdot a \cdot d^3$$

dimana a = luas pelat.



Pengujian perhitungan momen inersia dilakukan dengan memeriksa langsung hasil program. Pemeriksaan meliputi harga luas, jarak titik berat terhadap garis dasar, dan momen inersia individu dari tiap bagian konstruksi. Adapun data-data konstruksi ditunjukkan pada gambar 4.19.

4.4 Pengujian perhitungan gaya lintang dan momen lengkung

Ketepatan dari perhitungan gaya lintang dan momen lengkung akan tercapai bila memenuhi hal-hal sebagai berikut:

1. Luas dibawah kurva distribusi berat kapal sama dengan luas dibawah kurva buoyancy.
2. Titik berat kapal (LCG) dan LCB terletak pada garis vertikal yang sama.
3. Jumlah total kurva beban sama dengan nol.
4. Momen lengkung maksimum terjadi pada suatu ordinat yang gaya lintangnya sama dengan nol.
5. Gaya lintang dan momen lengkung pada ujung-ujung sama dengan nol.

Pada program ini, perbedaan antara displacement dan berat kapal yang diijinkan sampai 0,001% berat kapal. Begitu pula perbedaan antara LCG dan LCB yang diijinkan sampai 0,001% Lpp. Dengan tingkat ketelitian yang demikian akan menjamin ketepatan program. Dari hasil program (lihat lampiran) juga dapat diperiksa bahwa :

- Momen lengkung maksimum selalu terjadi pada ordinat yang gaya lintangnya sama dengan nol.
- Gaya lintang dan momen lengkung selalu sama dengan nol pada ujung-ujung kapal.

Dari pemeriksaan tersebut menunjukkan bahwa keabsahan program dapat diterima.

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian program yang dilakukan pada bab.4 dapat disimpulkan bahwa:

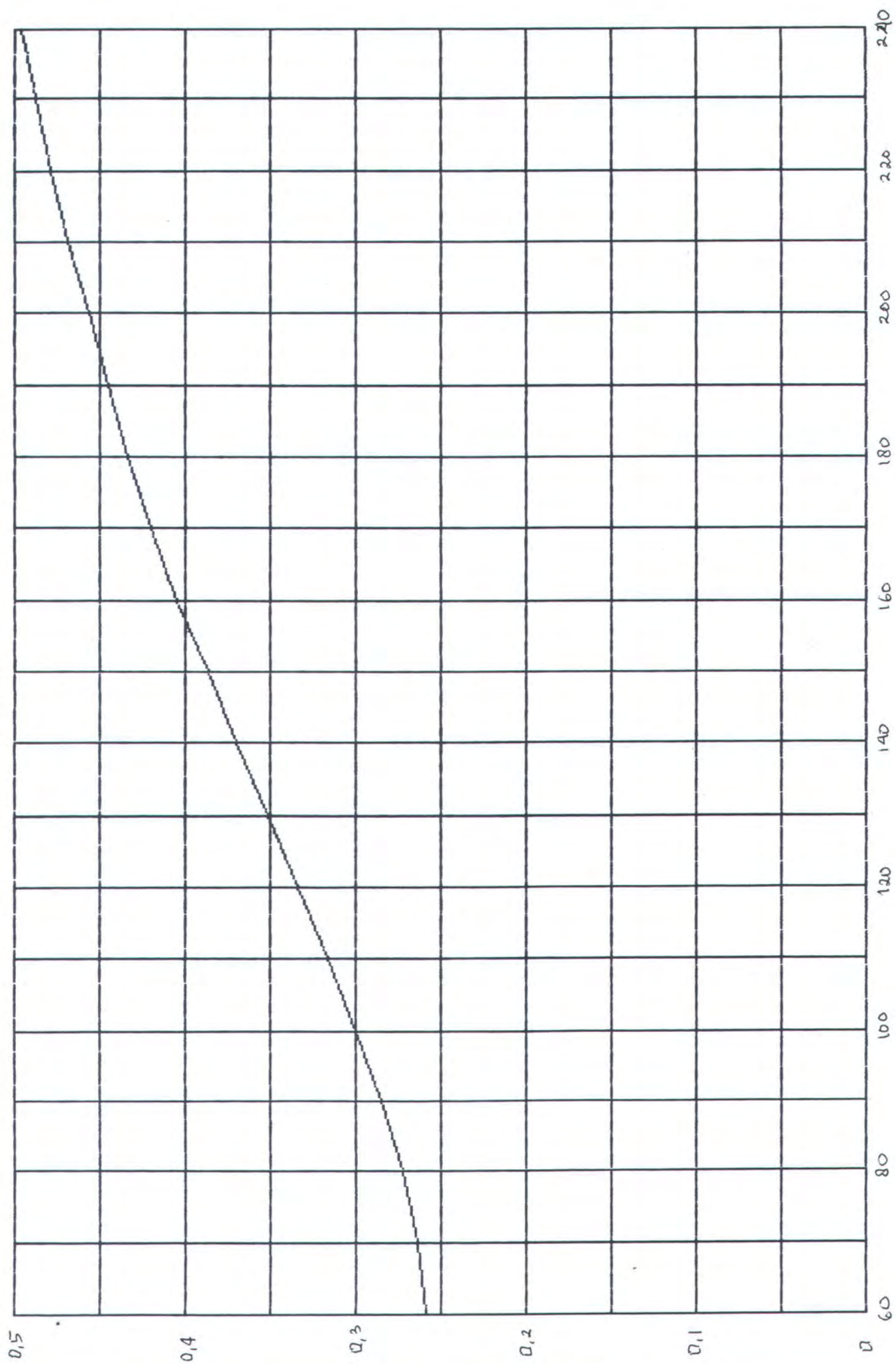
1. Pada perhitungan distribusi berat LWT dengan LR'64 telah terbukti ketepatannya. Namun, untuk distribusi berat yang memerlukan data kurva terdapat sedikit penyimpangan. Penyimpangan ini terjadi karena perbedaan harga koefisien yang terbaca dari program dengan harga pembacaan manual.
2. Pada perhitungan distribusi berat DWT juga terbukti ketepatannya.
3. Untuk distribusi momen inersia di luar tengah kapal dapat terjadi penyimpangan dengan harga sebenarnya. Penyimpangan ini terjadi karena harga momen inersia merupakan harga pendekatan, hanya momen inersia pada tengah kapal yang sama dengan harga sebenarnya.
4. Perhitungan gaya lintang dan momen lengkung telah terbukti ketepatannya.
5. Dengan menganggap distribusi berat kapal adalah sama pada tiap bagian, dapat menyebabkan bergesernya LCG dari letak sebenarnya. Namun, dengan membagi kapal menjadi 40 bagian (dari AP sampai FP), dua bagian di belakang AP, dan satu bagian di depan FP, hasil perhitungan sudah dapat diterima dengan baik.
6. Akhirnya dapat disimpulkan bahwa program ini secara keseluruhan sudah dapat dipertanggungjawabkan.

Sebagai penutup dapat disarankan:

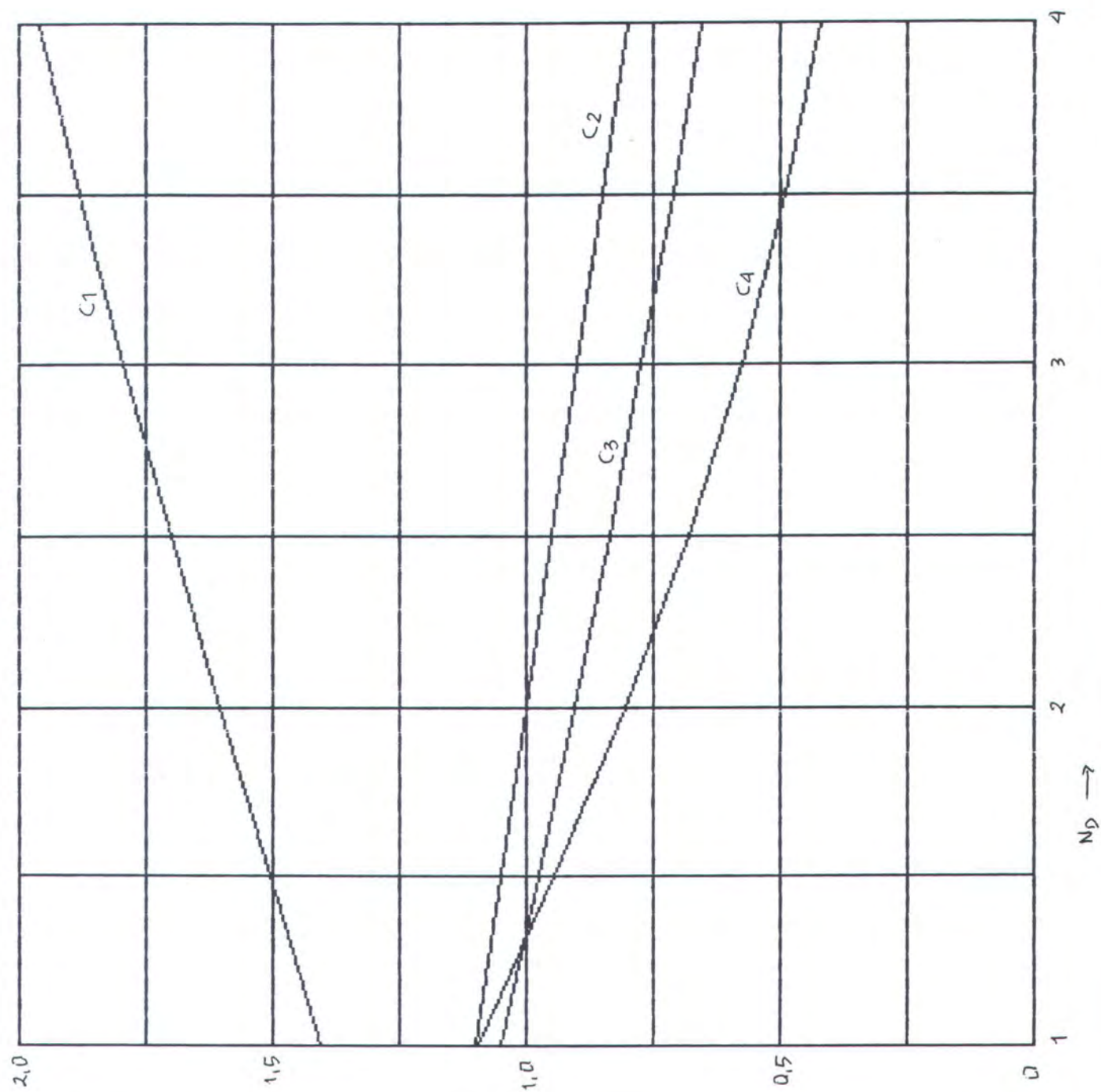
1. Data-data bonjean sebagai masukan program , semakin banyak jumlah ordinat dan garis air akan semakin baik. Dan jarak ordinat pada daerah di luar tengah kapal sebaiknya dibuat lebih rapat.
2. Agar hasil pendekatan distribusi momen inersia makin teliti, perlu ditambahkan data-data kapal pembanding yang disesuaikan dengan type kapal.

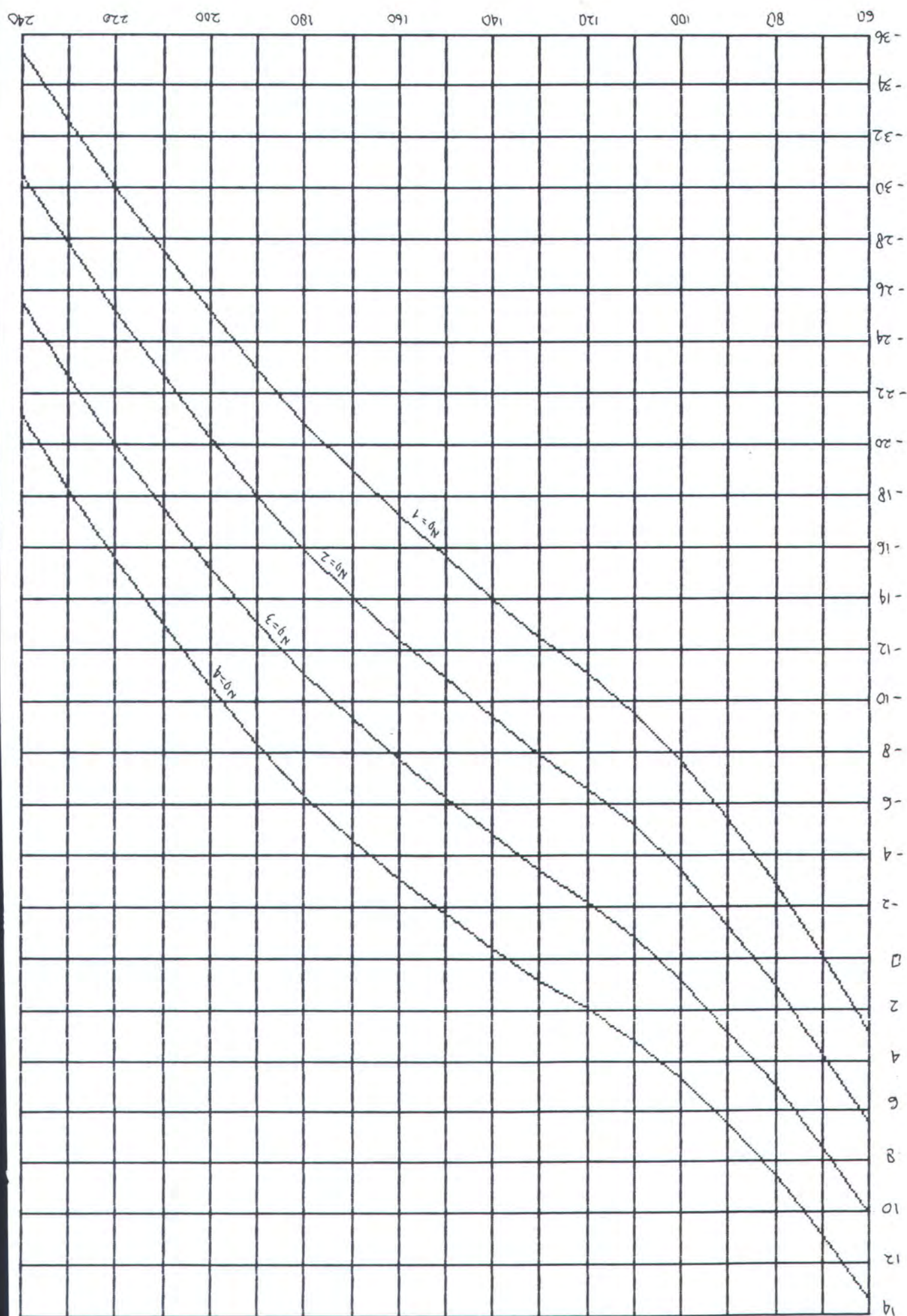
DAFTAR PUSTAKA

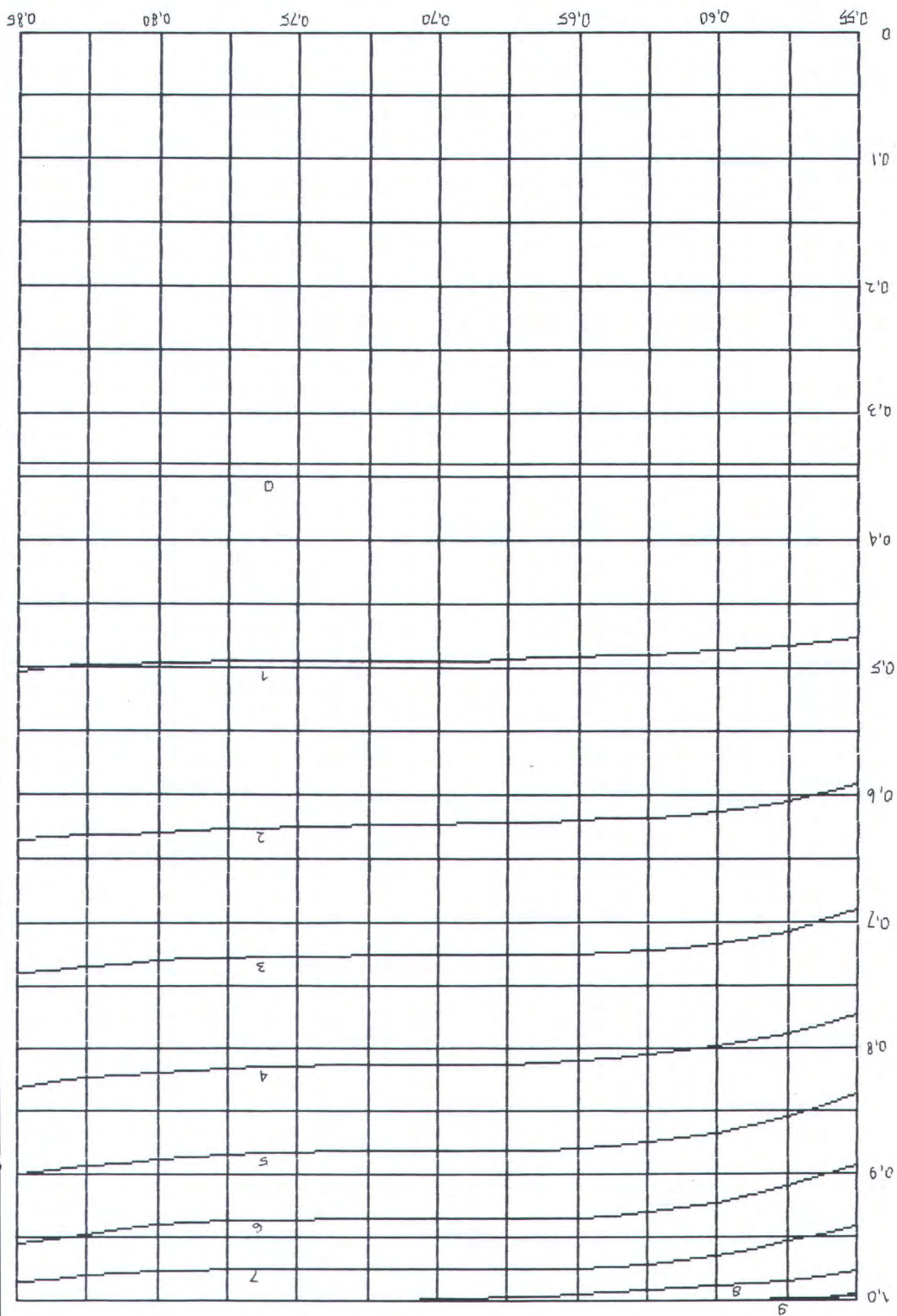
- Barabanov, N., *Structural Design of Sea-going Ships*, Peace Publishers, Moscow.
- Biro Kasifikasi Indonesia, *Rules for The Classification and Construction of Seagoing Steel Ships, Volume II Rules for Hull Construction*, Jakarta, 1989.
- Gerald, Curtis F. and Patrick O.W., *Applied Numerical Analysis 3rd edition*, Addison Wesley Publishing Comp., 1983.
- Hidayat, Agus, *Penyusunan Program Untuk Membuat Kurva Momen Lengkung Memanjang kapal Barang Dalam Bahasa Komputer Basic*, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, 1985.
- Muckle, William, *Strength of Ships Structures*, Edward Arnold Ltd, London, 1967.
- Poelhs, Herald, *Lecture Ships design and Ships Theory*,
- *Principal Naval Architec 2nd revision, Volume I Stability and Strength*, SNAME, Jersey City, 1988.
- Rogers, David, F. and Adams, Alan, J., *Mathematical Elements for Computer Graphics*, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1979.
- Smith, Munro, R., *Applied Naval Architecture*, American Elsevier Publishing Company, New York, 1967.
- Soehianie, Agoes, *Belajar Dengan Cepat dan Mudah TURBO PASCAL*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 1990.
- Suyanto, *Methode Numerik Untuk Menghitung Momen Lengkung, Tegangan Normal, dan Distribusi Tegangan Geser Pada Badan Kapal*, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, 1989.

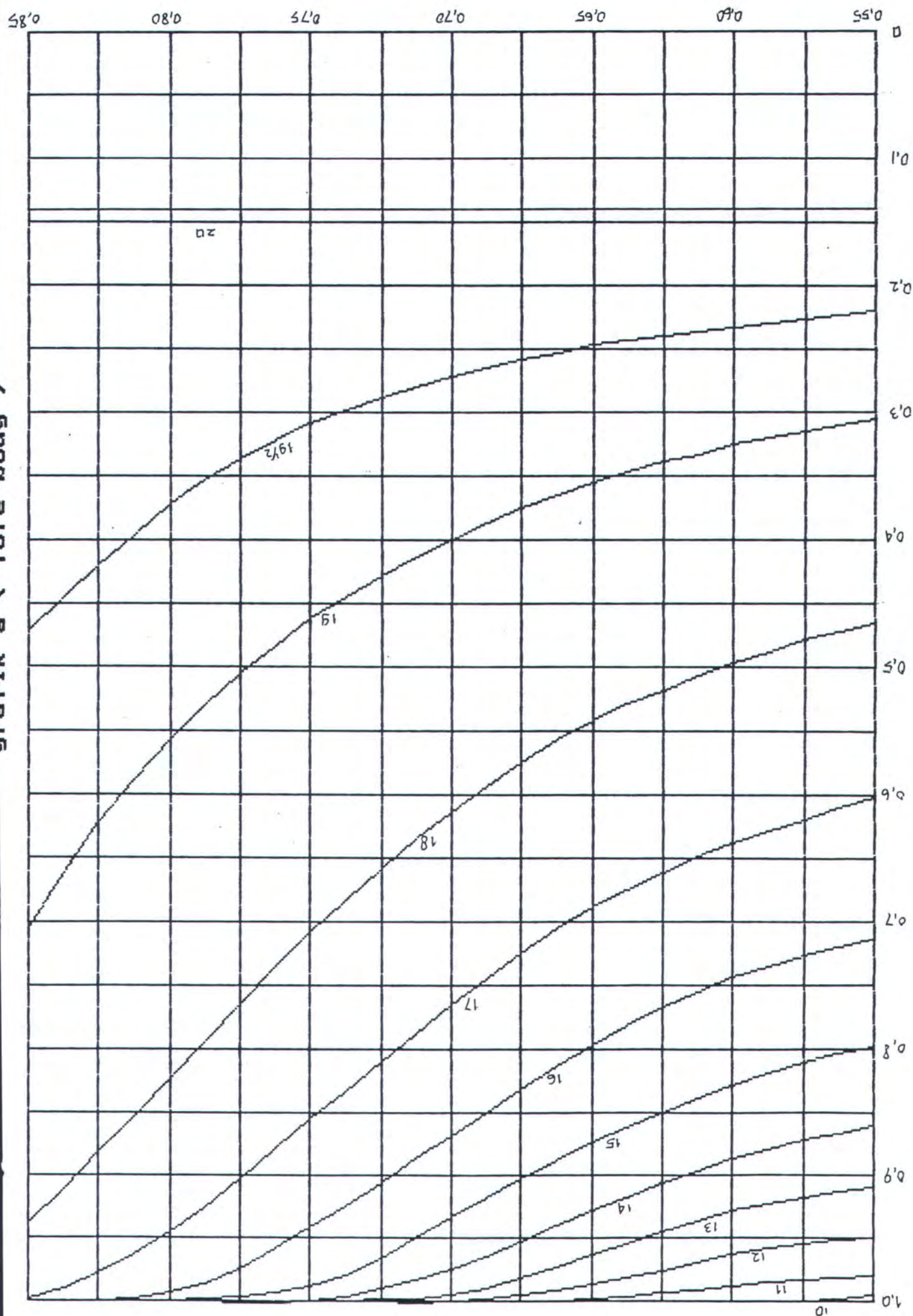


grafik C1 - C4

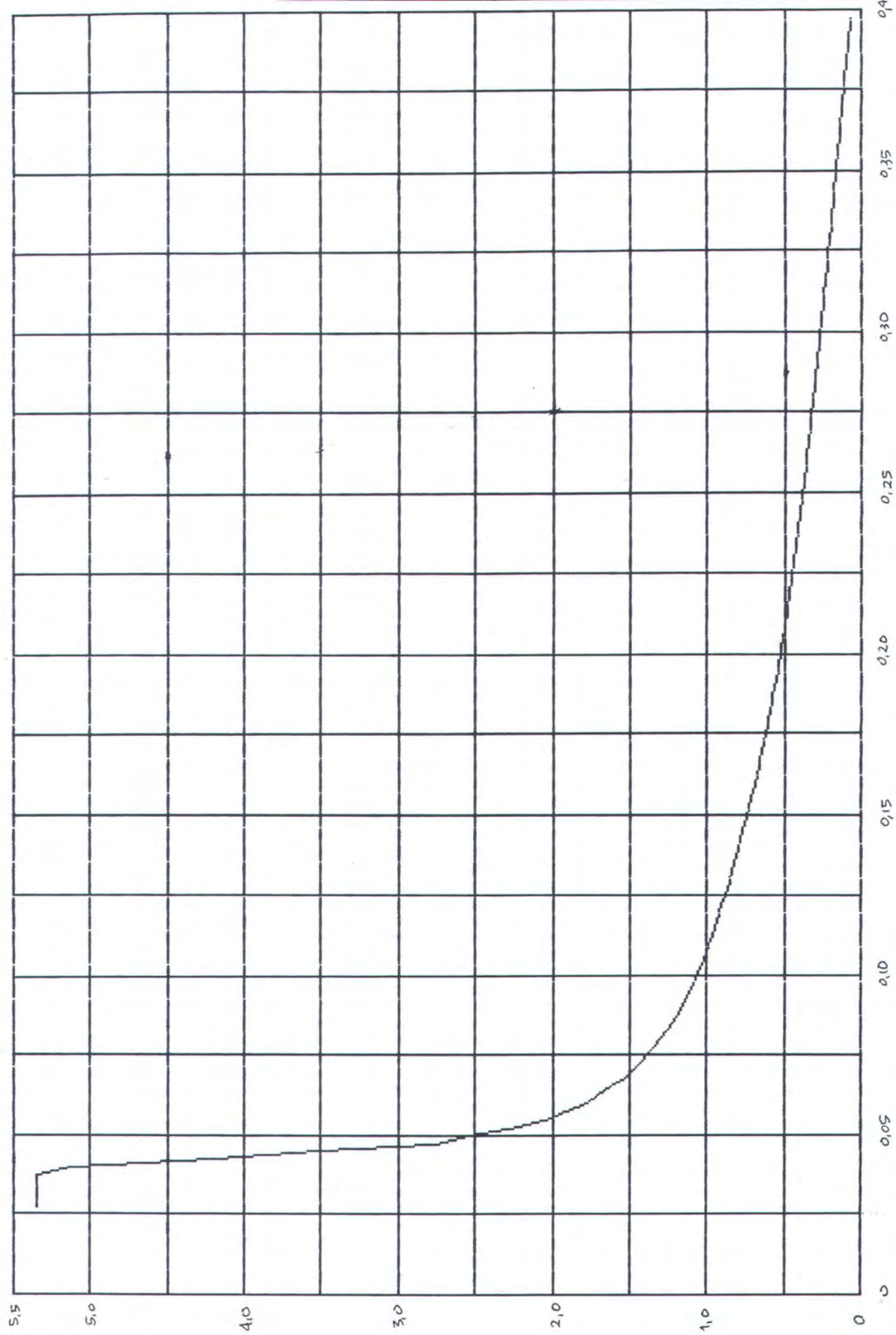




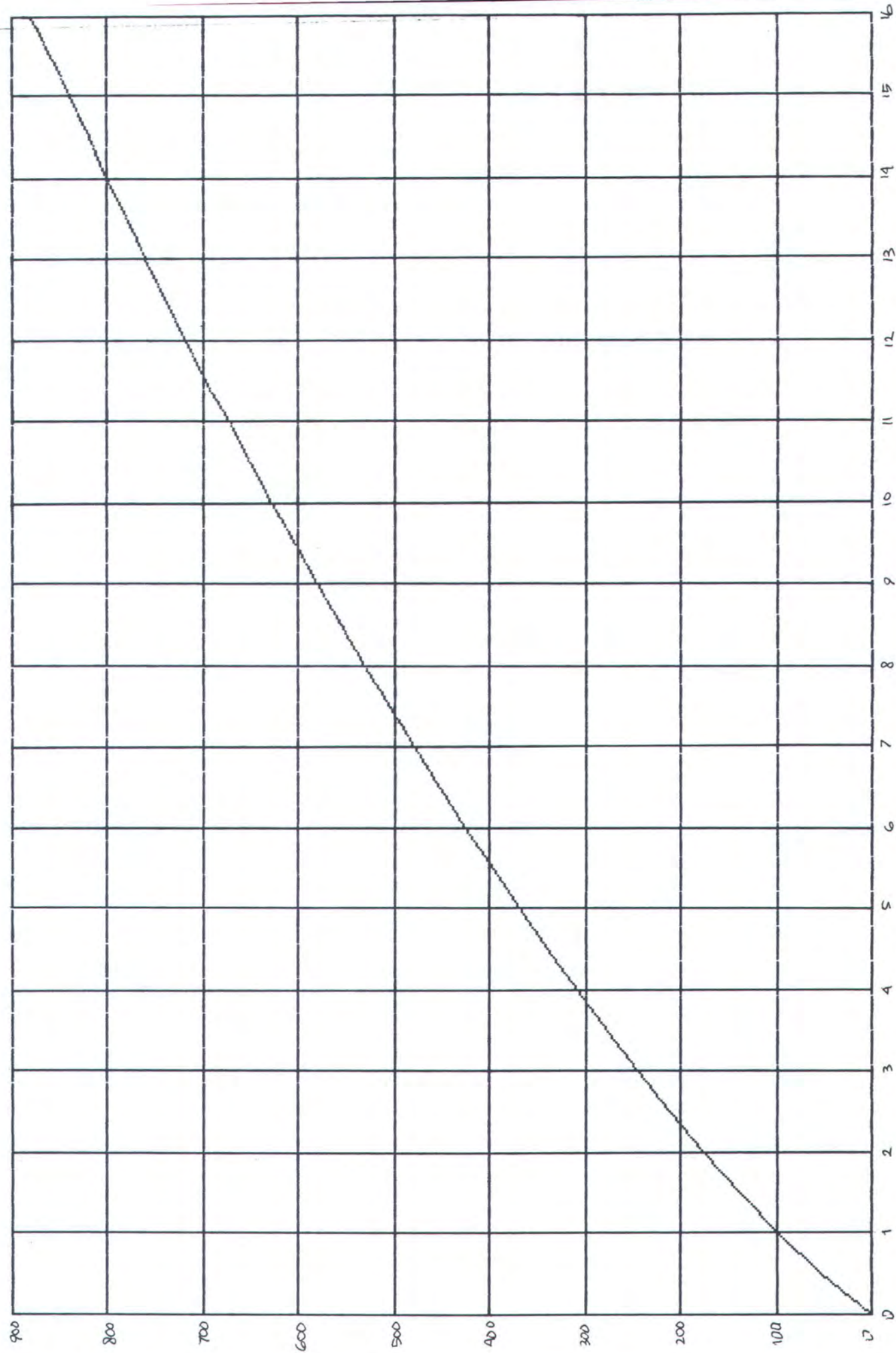




grafik 5



grafik W



Lampiran 2**Perhitungan Distribusi Harga c/cm.**

Untuk mengetahui distribusi harga c/cm, digunakan kapal pembanding sebagai berikut:

Nama kapal : Caraka Jaya III 3650 DWT/ 11,9 knots

$L_{pp} = 92,152 \text{ m}$

$H = 7,8 \text{ m}$

$B = 16,5 \text{ m}$

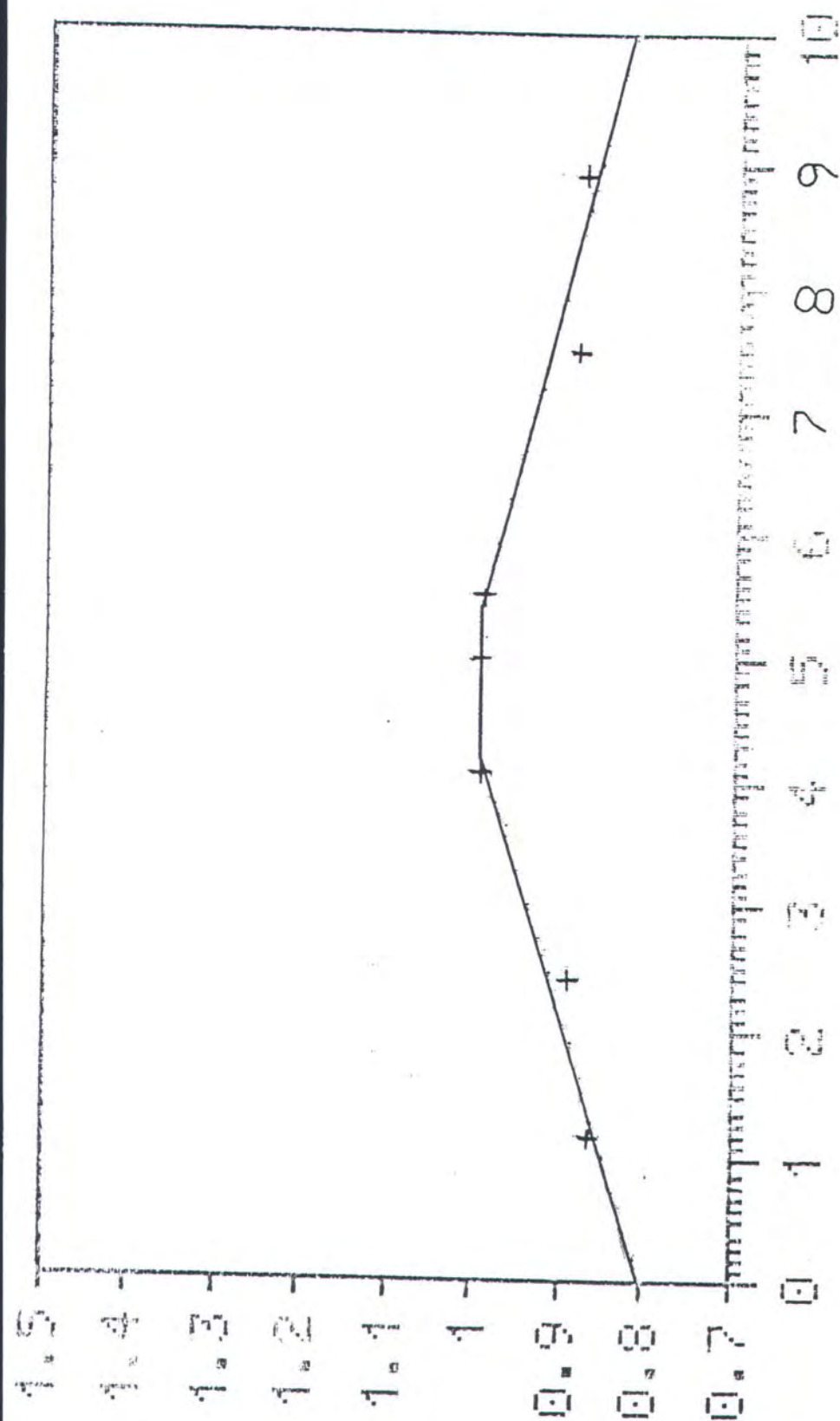
$T = 5,4 \text{ m}$

$C_b = 0,668$

Dari perhitungan momen inersia pada beberapa tempat sepanjang kapal, di dapat hasil sebagai berikut:

$(L/L_{pp}) \times 10$	$I \text{ (m}^4\text{)}$	$BD3 \text{ (m}^4\text{)}$	$c = I / (BD3)$	$c' \text{ cm}$
1,17	5,5286	6928,45	0,0007979	0,8699
2,43	6,2062	7592,83	0,0008173	0,8911
4,05	7,1819	7830,10	0,0009172	1,0000
5,00	7,1819	7830,10	0,0009172	1,0000
5,46	7,1819	7830,10	0,0009172	1,0000
7,50	5,8830	7213,19	0,0008155	0,8891
8,92	3,5233	4365,87	0,0008070	0,8799

Distribusi c/cm ini dapat dilihat pada gambar.



ordinat

Lampiran 3. Hasil program

Data-data bonjean

Nama kapal : Kintamani Motor
Lpp [m] = 73.000
B [m] = 11.680
H [m] = 5.940
T [m] = 4.860
Cb = 0.695

sts	T.Up[m]	Luas [m ²] sampai garis air:					Up.deck
		0.00 m	1.00 m	2.00 m	3.00 m	5.00 m	
0.0	6.800	0.000	0.000	0.000	0.000	1.400	12.540
1.0	6.570	0.000	0.410	1.040	1.920	8.830	20.178
2.0	6.400	0.000	1.120	3.490	6.790	19.290	30.062
3.0	6.250	0.000	3.100	7.930	14.610	31.170	43.867
4.0	6.150	0.000	4.910	11.590	21.030	40.760	52.872
5.0	6.100	0.000	6.580	15.960	26.180	47.600	60.160
6.0	6.070	0.000	7.500	17.870	28.940	51.760	63.467
7.0	6.050	0.000	8.190	19.280	30.760	54.030	67.165
8.0	6.000	0.000	8.810	20.350	32.030	55.390	67.070
9.0	5.950	0.000	8.810	20.350	32.030	55.390	66.486
10.0	5.940	0.000	8.810	20.350	32.030	55.390	66.369
11.0	5.950	0.000	8.810	20.350	32.030	55.390	66.486
12.0	6.000	0.000	8.810	20.350	32.030	55.390	67.070
13.0	6.050	0.000	8.770	20.100	31.700	55.060	67.328
14.0	6.100	0.000	8.620	18.700	31.070	54.130	66.850
15.0	6.200	0.000	7.560	16.870	28.560	51.020	65.530
16.0	6.350	0.000	6.240	15.000	24.430	40.600	52.900
17.0	6.550	0.000	4.390	10.780	17.900	33.500	45.792
18.0	6.720	0.000	2.140	5.990	10.270	27.360	43.950
19.0	6.950	0.000	0.820	2.310	3.170	8.210	12.630
20.0	7.160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	1.540
-2	7.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-1	7.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.700	10.058

Data-data Kapal

Type = Kapal barang biasa
 Jumlah sekat memanjang = 0
 Berat muatan [ton] = 2000.00
 Jumlah deck menerus = 1
 Ujung belakang dari AP [m] = 1.800
 Ujung depan dari FP [m] = 1.200
 Dasar ganda ruang muat [m] = 1.000
 Tinggi dasar cer. buritan [m] = 3.000

Jumlah deck yang panjangnya < Lpp = 1
 Tinggi ruang akomodasi [m] = 2.300
 Dasar ganda ruang mesin [m] = 1.250
 Jumlah sekat melintang = 5
 Kelas es = 0
 BHP mesin induk [HP] = 1100.00
 RPM mesin induk = 200.000
 Jumlah propeller = 1

Panjang [m] ke: 1

Deck L < Lpp 10.000
 Skt memanjang

N a m a bagian	Skt belk.[m]	Skt dep.[m]	Vol. [m ³]	Berat
A k i l	64.225	74.200	50.000	
Anjungan	20.475	30.475	250.000	
Kimbul	0.600	7.350	150.000	
R. Pendingan	20.475	22.975	18.700	
Rumah geladak ke 1	22.975	30.475	200.000	
Rumah geladak ke 2	24.850	30.475	140.000	
Tanki ceruk buritan	-1.800	3.600		
Tanki ceruk haluan	69.850	73.600		
Ruang mesin	20.475	30.475		
Propeller & poros	1.000	20.475		
Akom. di bawah deck, 1	23.600	30.475		
Bahan makanan	20.475	23.600		1.500
Perlengkapan ABK ke 1	0.600	7.350		0.800
Perlengkapan ABK ke 2	20.475	30.475		2.000
Perlengkapan ABK ke 3	22.975	30.475		1.600
Perlengkapan ABK ke 4	24.850	30.475		1.200
Perlengkapan ABK ke 5	23.600	30.475		1.800
Ruang muat ke 1	3.600	20.475		
Ruang muat ke 2	30.475	54.850		
Ruang muat ke 3	54.850	69.850		

Peralatan bongkar muat

No	X-AP [m]	Peralatan disangga:	SWL ke: 1	2	3	4
1	6.10	mast & rumah geladak	5.00	5.00		
2	54.85	tiang mast saja	4.00	4.00	4.00	4.00

No	Letak tanki	Isi tanki	Xbel[m]	Xdep[m]	Jenis	tb[m]	ta[m]	Xcl[m]
1	Ceruk buritan	Air tawar	-1.800	3.600	menerus			
2	DB R. muat	Air tawar	3.600	20.475	menerus			
3	DB R. mesin	Pelumas	23.600	25.475	menerus			
4	DB R. mesin	Diesel oil	25.475	30.475	menerus			
5	DB R. muat	Heavy fuel	30.475	54.850	menerus			
6	Ceruk haluan	Air ballast	69.850	73.600	menerus			
7	DB R. muat	Air ballast	54.850	69.850	menerus			

Data-data Perhitungan Momen Inersia

Nama bagian	Ukuran[mm]	A [mm ²]	h [mm]	Io [m ⁴]
Keel plate	600 x 14	8400	0	
Bottom plate 1	4180 x 12	50160	0	
Bilga strake	R=1660;t=11	28683	603	0.0075
Side plate 1	1500 x 12	18000	5400	0.0034
Side plate 2	2990 x 11	32890	3155	0.0245
Upper deck : Hd[m]= 5.94				
- pelat 1	3000 x 10	30000	6093	
- longitudinal	W=100x 7	3465	6022	
n= 3	F= 65x 7			
- Hs. girder	W=300x12	6600	5872	
	F=250x12			
IB plate	4840 x 7	33880	1000	
IB longitudinal	W=100x 7	6930	929	
n= 6	F= 65x 7			
Margin plate	1000 x 7	7000	1000	0.0000
Bottom longt.	W=100x 7	6930	71	
n= 6	F= 65x 7			
Bt.center girder	W=1000x11	5500	500	0.0009
Bt.side girder	W=1000x 9	9000	500	0.0007
		247438		0.0370

Sum (A.h) = 0.5158 m²
 Sum (A.h²) = 2.3804 - m³
 Tinggi netral axis (hna) = 2.0844 m
 Momen Inersia = 2.6847 m⁴
 Modulus di geladak = 0.6963 m³
 Modulus di alas = 1.2880 m³

Distribusi berat lokal LWT

No	1 ton/m	2 ton/m	3 ton/m	4 ton/m	5 ton/m	6 ton/m	7 ton/m	8 ton/m	9 ton/m	10 ton/m
-2---1	1.536	--	--	--	--	--	--	--	--	0.248
-1-- 0	7.678	--	--	--	--	--	--	4.338	--	0.698
0-- 1	3.794	0.796	--	--	--	0.505	--	1.055	--	0.766
1-- 2	4.564	2.424	--	--	--	1.729	--	--	--	0.950
2-- 3	5.278	3.171	--	--	0.898	1.539	--	--	--	--
3-- 4	5.937	4.164	--	--	4.801	1.539	--	--	--	--
4-- 5	6.521	0.064	--	--	--	1.539	--	--	--	--
5-- 6	7.030	--	--	--	--	1.539	--	--	--	--
6-- 7	7.503	--	--	--	--	1.539	--	--	--	--
7-- 8	7.940	--	--	--	--	1.539	--	--	--	--
8-- 9	8.330	--	--	--	--	1.539	--	--	--	--
9--10	8.675	--	--	--	--	1.539	--	--	--	--
10--11	8.984	--	--	--	--	1.670	--	--	--	--
11--12	9.256	2.246	0.672	--	--	0.206	9.751	--	--	--
12--13	9.493	3.506	0.455	0.916	--	--	15.226	--	0.053	--
13--14	9.692	3.230	--	4.325	--	--	14.026	--	1.530	--
14--15	9.847	3.230	--	6.458	--	--	14.026	--	1.485	--
15--16	9.956	3.570	--	6.752	--	--	15.502	--	1.608	--
16--17	10.015	1.917	--	3.625	--	--	8.322	--	0.858	--
17--18	10.023	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18--19	10.026	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19--20	10.026	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20--21	10.026	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21--22	10.026	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22--23	10.015	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23--24	9.992	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24--25	9.950	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25--26	9.890	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26--27	9.818	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27--28	9.735	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28--29	9.614	--	--	--	--	--	--	--	--	--
29--30	9.454	--	--	--	7.443	--	--	--	--	--
30--31	9.198	--	--	--	9.276	--	--	--	--	--
31--32	8.846	--	--	--	--	--	--	--	--	--
32--33	8.396	--	--	--	--	--	--	--	--	--
33--34	7.850	--	--	--	--	--	--	--	--	--
34--35	7.192	--	--	--	--	--	--	--	--	--
35--36	6.423	0.616	--	--	--	--	--	--	--	--
36--37	5.518	0.741	--	--	--	--	--	--	--	--
37--38	4.478	0.519	--	--	--	--	--	--	--	--
38--39	3.332	0.355	--	--	--	--	--	11.498	--	0.266
39--40	2.148	0.195	--	--	--	--	--	1.277	--	0.194
40--41	0.926	0.047	--	--	--	--	--	--	--	0.015

keterangan :

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. Badan kapal. | 6. Propeller dan poros. |
| 2. Kimbul, anjungan dan akil. | 7. Ruang mesin. |
| 3. Ruang pendingin. | 8. Peralatan di buritan dan haluan. |
| 4. Rumah geladak. | 9. Ruang akomodasi di bawah upper deck. |
| 5. Peralatan bongkar muat. | 10. Tangki ceruk dan deep tank. |

Distribusi berat lokal DWT

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2--1	--	4.1366	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1--0	--	10.0503	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0--1	--	13.3555	0.7751	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0665
1--2	0.1652	15.7125	2.5290	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.1316
2--3	14.1395	0.4930	0.0352	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.1155
3--4	18.0751	0.5256	0.0506	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.1201
4--5	22.7965	1.5606	0.1235	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0017
5--6	27.6315	2.5110	0.2317	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6--7	31.5626	3.4155	0.3447	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7--8	34.7416	4.2576	0.4540	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8--9	37.5600	5.1594	0.5439	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9--10	39.9161	5.9610	0.6153	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10--11	45.0393	7.1356	0.7429	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11--12	5.6208	0.9131	0.0957	--	--	--	--	--	--	--	0.3190	0.0319	0.1391
12--13	--	--	--	0.4560	0.0477	--	--	--	--	--	0.4729	0.0473	0.2555
13--14	--	--	--	9.0000	0.5999	0.1906	0.0157	--	--	--	--	--	0.7659
14--15	--	--	--	--	--	9.2539	0.9153	--	--	--	--	--	0.9137
15--16	--	--	--	--	--	10.4203	1.0456	--	--	--	--	--	0.9520
16--17	5.6733	--	--	--	--	5.6561	0.5701	1.5756	0.1553	--	--	--	0.5272
17--18	48.5559	--	--	--	--	--	--	5.5506	0.5754	--	--	--	--
18--19	44.2297	--	--	--	--	--	--	5.0347	0.7920	--	--	--	--
19--20	44.2297	--	--	--	--	--	--	5.0347	0.7920	--	--	--	--
20--21	44.2297	--	--	--	--	--	--	5.0347	0.7920	--	--	--	--
21--22	44.2297	--	--	--	--	--	--	5.0347	0.7920	--	--	--	--
22--23	44.2297	--	--	--	--	--	--	5.0347	0.7920	--	--	--	--
23--24	44.2297	--	--	--	--	--	--	5.0347	0.7920	--	--	--	--
24--25	44.1354	--	--	--	--	--	--	5.0279	0.7927	--	--	--	--
25--26	44.0753	--	--	--	--	--	--	5.0096	0.7946	--	--	--	--
26--27	43.5665	--	--	--	--	--	--	7.9703	0.5025	--	--	--	--
27--28	43.5229	--	--	--	--	--	--	7.9019	0.5201	--	--	--	--
28--29	43.0516	--	--	--	--	--	--	7.6716	0.5095	--	--	--	--
29--30	43.5172	--	--	--	--	--	--	7.3664	0.7662	--	--	--	--
30--31	39.3175	--	--	--	--	--	--	0.1955	0.0204	6.5829	--	--	--
31--32	37.3441	--	--	--	--	--	--	--	--	6.6216	--	--	--
32--33	32.1356	--	--	--	--	--	--	--	--	5.7177	--	--	--
33--34	29.7235	--	--	--	--	--	--	--	--	4.5075	--	--	--
34--35	25.1565	--	--	--	--	--	--	--	--	3.7909	--	--	--
35--36	27.2528	--	--	--	--	--	--	--	--	2.6539	--	--	--
36--37	23.1526	--	--	--	--	--	--	--	--	1.7235	--	--	--
37--38	14.1410	--	--	--	--	--	--	--	--	1.1491	--	--	--
38--39	1.1906	--	--	--	--	--	--	--	--	4.9730	--	--	--
39--40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3.3464	--	--	--
40--41	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.3333	--	--	--

Keterangan :

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1. Muatan bersih (cargo) [ton/m]. | 8. Heavy fuel 100 % [ton/m]. |
| 2. Air tawar 100% [ton/m]. | 9. Heavy fuel 10 % [ton/m]. |
| 3. Air tawar 10% [ton/m]. | 10. Air ballast [ton/m]. |
| 4. Minyak pelumas 100 % [ton/m]. | 11. Bahan makanan 100 % [ton/m]. |
| 5. Minyak pelumas 10 % [ton/m]. | 12. Bahan makanan 10 % [ton/m]. |
| 6. Diesel oil 100 % [ton/m]. | 13. Perlengkapan ABK [ton/m]. |
| 7. Diesel oil 10 % [ton/m]. | |

Nama kapal = Kintamani Motor

Lpp = 73.000 m E = 20,53 x 10⁻⁷ kN/m²

B = 11.680 m TA = 5.167 m Kondisi muatan penuh + consumables 100%

H = 5.940 m TF = 5.486 m Sarat rata

ordinat	berat kN/m	boyansi kN/m	beban kN/m	ord	lintang kN	momen kN.m	Inersia m ⁴	slope kN/m ²	defleksi m
				-2	0	0	--	0	0
-2 - -1	55.645	1.406	54.24	-1	48.815	21.965	0.480	20.550	0.001
-1 - 0	216.772	17.129	199.64	0	228.494	146.759	0.529	166.024	0.003
0 - 1	199.278	38.539	160.74	1	521.845	831.446	2.906	680.278	0.006
1 - 2	269.055	78.206	190.85	2	870.143	2101.637	2.764	1635.126	0.009
2 - 3	241.869	126.345	115.52	3	1080.975	3882.036	2.459	3769.744	0.012
3 - 4	300.149	181.135	119.01	4	1298.175	6053.013	2.383	7528.323	0.015
4 - 5	319.853	242.711	77.14	5	1438.960	8550.651	2.727	12706.791	0.017
5 - 6	382.032	305.946	76.09	6	1577.817	11303.463	2.913	19108.210	0.020
6 - 7	435.250	362.805	72.44	7	1710.028	14303.624	2.759	27329.498	0.023
7 - 8	450.312	412.981	67.33	8	1832.907	17536.554	2.749	37831.232	0.026
8 - 9	521.226	456.437	64.79	9	1951.146	20989.505	2.878	50308.264	0.028
9 - 10	556.312	492.966	63.35	10	2066.753	24655.840	2.905	64709.053	0.030
10 - 11	623.637	521.267	102.37	11	2253.579	28598.146	2.684	82177.940	0.033
11 - 12	179.888	543.000	-363.11	12	1590.901	32106.235	2.644	102984.330	0.035
12 - 13	141.745	560.770	-419.03	13	826.179	34311.823	2.978	124580.431	0.037
13 - 14	268.366	574.866	-306.50	14	266.817	35309.185	3.111	145450.062	0.039
14 - 15	291.718	585.322	-293.60	15	-269.011	35307.186	2.905	166895.204	0.040
15 - 16	311.413	592.286	-280.87	16	-781.604	34348.502	2.767	189312.276	0.041
16 - 17	315.751	595.465	-279.71	17	-1292.083	32456.266	2.726	211506.142	0.043
17 - 18	673.598	596.408	77.19	18	-1151.212	30226.762	2.698	232594.115	0.043
18 - 19	618.843	597.351	21.49	19	-1111.988	28161.595	2.688	252375.780	0.044
19 - 20	618.843	598.294	20.55	20	-1074.484	26166.443	0.828	290787.029	0.045
20 - 21	618.843	599.236	19.61	21	-1038.701	24238.164	0.859	345378.767	0.045
21 - 22	618.843	600.179	18.66	22	-1004.639	22373.619	0.893	393974.531	0.045
22 - 23	618.729	601.122	17.61	23	-972.504	20569.478	0.933	436940.017	0.044
23 - 24	618.502	602.064	16.44	24	-942.506	18922.034	0.979	474593.006	0.043
24 - 25	617.627	602.384	15.24	25	-914.686	17127.348	1.023	507407.318	0.041
25 - 26	615.795	601.663	14.13	26	-888.896	15481.582	1.069	535895.872	0.040
26 - 27	612.706	599.501	13.20	27	-864.797	13881.340	1.111	560515.810	0.038
27 - 28	608.021	595.491	12.53	28	-841.928	12323.956	1.151	581689.230	0.035
28 - 29	599.850	587.289	12.56	29	-819.004	10808.358	1.242	599400.414	0.033
29 - 30	599.433	573.155	26.28	30	-771.047	9357.439	1.370	613573.195	0.031
30 - 31	542.669	541.118	1.55	31	-768.217	7952.863	1.327	625274.686	0.028
31 - 32	518.079	482.871	35.21	32	-703.962	6609.502	1.190	635811.125	0.025
32 - 33	454.226	427.053	27.17	33	-654.370	5370.027	1.157	645115.026	0.023
33 - 34	415.758	389.784	25.97	34	-606.967	4219.060	1.151	652694.952	0.020
34 - 35	383.958	358.975	24.98	35	-561.373	3152.952	1.335	658193.507	0.017
35 - 36	363.019	331.732	31.29	36	-504.275	2180.551	1.658	661548.861	0.014
36 - 37	305.735	273.455	32.28	37	-445.363	1314.008	1.246	663711.348	0.011
37 - 38	199.054	160.941	38.11	38	-375.807	564.693	0.405	665946.653	0.008
38 - 39	209.426	63.106	146.32	39	-108.774	122.515	0.183	667830.703	0.005
39 - 40	68.343	17.169	51.17	40	-15.380	9.227	0.045	668630.402	0.002
40 - 41	12.817	0.000	12.82	41	0.000	0.000	--	668754.447	0.000

Nama kapal = Kintamani Motor

Lpp = 73.000 m E = 20,53 x 10⁻⁷ kN/m²

B = 11.680 m TA = 6.896 m Kondisi muatan penuh + consumables 10%

H = 5.940 m TF = 8.747 m Dua puncak gelombang (sagging)

ordinat	berat	boyansi	beban	ord	lintang	momen	Inersia	slope	defleksi
	kN/m	kN/m	kN/m		kN	kN.m	m ⁴	kN/m ²	m
-2 - -1	55.645	16.839	38.81	-1	34.926	15.733	0.480	14.739	-0.000
-1 - 0	174.214	121.755	52.46	0	82.140	68.429	0.529	87.699	-0.001
0 - 1	176.166	144.724	31.44	1	139.521	270.728	2.906	290.760	-0.002
1 - 2	228.311	183.350	44.96	2	221.577	600.264	2.764	573.921	-0.003
2 - 3	204.475	226.596	-22.12	3	181.208	967.838	2.459	1131.295	-0.003
3 - 4	291.308	276.580	14.73	4	208.088	1323.103	2.383	1997.138	-0.004
4 - 5	304.128	341.991	-37.86	5	138.988	1639.843	2.727	3052.394	-0.005
5 - 6	366.939	409.448	-42.51	6	61.410	1822.740	2.913	4171.978	-0.006
6 - 7	420.156	453.323	-33.17	7	0.883	1879.615	2.789	5358.002	-0.007
7 - 8	465.218	478.533	-13.31	8	-23.415	1859.088	2.749	6590.182	-0.008
8 - 9	506.133	496.848	9.28	9	-6.469	1831.852	2.878	7788.185	-0.009
9 - 10	541.219	507.160	34.06	10	55.689	1876.799	2.905	8958.616	-0.010
10 - 11	607.252	509.050	98.20	11	234.909	2142.003	2.684	10276.484	-0.011
11 - 12	258.092	505.884	-247.79	12	-217.309	2158.097	2.644	11749.741	-0.011
12 - 13	252.719	498.492	-245.77	13	-665.845	1352.251	2.978	12909.023	-0.012
13 - 14	346.853	488.361	-141.51	14	-924.095	-98.536	3.111	13294.474	-0.013
14 - 15	348.843	480.588	-131.74	15	-1164.528	-2004.371	2.905	12636.046	-0.014
15 - 16	378.005	474.840	-96.84	16	-1341.251	-4290.861	2.767	10591.425	-0.015
16 - 17	351.443	467.823	-116.38	17	-1553.643	-6932.418	2.726	6855.435	-0.016
17 - 18	673.598	461.541	212.06	18	-1166.638	-9414.642	2.698	1350.730	-0.017
18 - 19	618.843	459.121	159.72	19	-875.144	-11277.734	2.688	-5661.400	-0.018
19 - 20	618.843	460.627	158.22	20	-586.398	-12611.358	0.828	-23395.217	-0.019
20 - 21	618.843	466.094	152.75	21	-307.629	-13427.124	0.859	-51559.901	-0.019
21 - 22	618.843	475.524	143.32	22	-46.071	-13749.841	0.893	-79865.128	-0.019
22 - 23	618.729	488.880	129.85	23	190.905	-13617.647	0.933	-107224.557	-0.019
23 - 24	618.502	506.091	112.41	24	396.057	-13082.010	0.979	-132731.044	-0.019
24 - 25	617.627	526.431	91.20	25	562.491	-12207.301	1.023	-155808.512	-0.019
25 - 26	615.795	549.326	66.47	26	683.798	-11070.030	1.069	-176143.871	-0.018
26 - 27	612.706	574.183	38.52	27	754.104	-9757.911	1.111	-193610.341	-0.017
27 - 28	608.021	600.192	7.83	28	768.393	-8368.600	1.151	-203260.707	-0.016
28 - 29	599.850	625.097	-25.25	29	722.320	-7008.291	1.242	-220044.240	-0.015
29 - 30	672.452	648.342	24.11	30	766.322	-5649.872	1.370	-228955.917	-0.014
30 - 31	633.662	636.577	-2.91	31	761.004	-4256.153	1.327	-235645.847	-0.013
31 - 32	518.079	574.121	-56.04	32	658.729	-2960.612	1.190	-240842.584	-0.012
32 - 33	454.226	513.573	-59.35	33	550.423	-1857.228	1.157	-244577.631	-0.010
33 - 34	415.758	477.627	-61.87	34	437.512	-955.704	1.151	-246800.188	-0.009
34 - 35	383.958	455.159	-71.20	35	307.571	-275.782	1.335	-247746.042	-0.008
35 - 36	356.978	445.844	-88.87	36	145.392	137.580	1.658	-247858.825	-0.006
36 - 37	298.463	383.956	-85.49	37	-10.631	260.584	1.246	-247592.264	-0.005
37 - 38	193.957	225.569	-31.61	38	-68.320	188.575	0.405	-246976.318	-0.004
38 - 39	93.153	86.912	6.24	39	-56.928	74.320	0.183	-246180.536	-0.002
39 - 40	53.896	30.829	23.07	40	-14.829	8.875	0.045	-245628.396	-0.001
40 - 41	12.357	0.000	12.36	41	0.000	0.000	--	-245509.075	0.000

Nama kapal = Kintamani Motor

Lpp = 73.000 m E = $20,53 \times 10^{-7}$ kN/m²

B = 11.680 m TA = 6.365 m Kondisi kapal kosong + ballast

H = 5.940 m TF = 7.193 m Dua puncak gelombang (sagging)

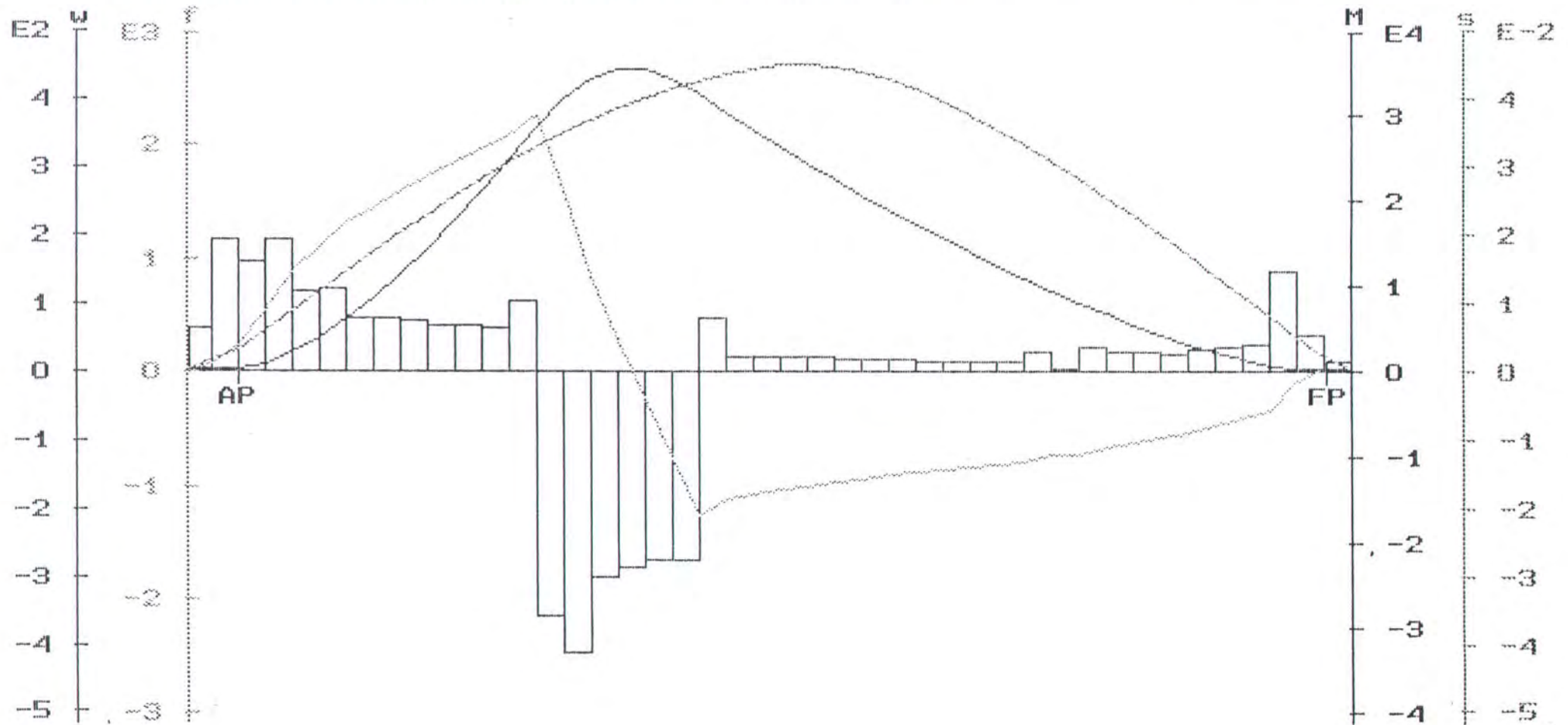
ordinat	berat	boyansi	beban	ord	lintang	momen	Inersia	slope	defleksi
	kN/m	kN/m	kN/m		kN	kN.m	m ⁴	kN/m ²	m
				-2	0	0	--	0	0
-2 - -1	43.016	10.121	32.89	-1	29.605	13.323	0.450	12.481	-0.000
-1 - 0	148.294	83.384	64.91	0	88.025	66.256	0.529	51.333	-0.001
0 - 1	169.574	112.891	56.68	1	191.471	321.296	2.906	296.523	-0.002
1 - 2	233.602	156.975	76.63	2	331.315	798.338	2.764	660.950	-0.003
2 - 3	190.094	200.801	-10.71	3	311.774	1385.157	2.459	1438.601	-0.004
3 - 4	241.909	245.988	-4.08	4	304.330	1947.352	2.383	2698.364	-0.005
4 - 5	255.883	297.913	-42.03	5	227.624	2432.761	2.727	4257.930	-0.006
5 - 6	313.064	346.538	-33.47	6	166.535	2792.431	2.913	5946.540	-0.007
6 - 7	361.643	380.215	-18.57	7	132.640	3065.428	2.789	7824.345	-0.008
7 - 8	402.423	402.698	-0.27	8	132.139	3307.040	2.749	9925.198	-0.009
8 - 9	439.507	416.055	23.45	9	174.938	3587.248	2.878	12160.484	-0.010
9 - 10	471.213	421.040	50.17	10	266.505	3990.065	2.905	14551.381	-0.011
10 - 11	535.509	419.492	116.02	11	478.236	4669.641	2.684	17392.520	-0.012
11 - 12	89.083	412.672	-323.59	12	-112.316	5003.543	2.644	20707.418	-0.013
12 - 13	48.622	399.955	-351.33	13	-753.499	4213.488	2.978	23725.617	-0.014
13 - 14	173.285	385.236	-211.95	14	-1140.308	2485.389	3.111	25745.645	-0.015
14 - 15	195.122	374.317	-179.19	15	-1467.338	105.912	2.905	26507.857	-0.016
15 - 16	213.744	365.444	-151.70	16	-1744.191	-2824.608	2.767	25609.588	-0.017
16 - 17	217.507	355.219	-137.71	17	-1995.516	-6237.091	2.726	22589.945	-0.018
17 - 18	575.277	345.915	229.36	18	-1576.931	-9496.949	2.698	17290.193	-0.020
18 - 19	520.484	340.474	180.01	19	-1248.413	-12075.075	2.688	9979.564	-0.021
19 - 20	520.484	338.957	181.53	20	-917.127	-14051.130	0.828	-9612.434	-0.021
20 - 21	520.484	341.402	179.08	21	-590.303	-15426.659	0.859	-41488.078	-0.022
21 - 22	520.484	347.811	172.67	22	-275.174	-16216.406	0.893	-74436.449	-0.023
22 - 23	520.484	358.144	162.34	23	21.095	-16448.253	0.933	-107082.940	-0.023
23 - 24	520.484	372.333	148.15	24	291.471	-16163.036	0.979	-138228.463	-0.023
24 - 25	520.019	389.650	130.37	25	529.394	-15413.996	1.023	-167036.781	-0.022
25 - 26	518.778	409.516	109.26	26	728.797	-14265.897	1.069	-192959.777	-0.021
26 - 27	516.392	431.660	84.73	27	883.432	-12794.738	1.111	-215649.257	-0.021
27 - 28	512.522	455.472	57.05	28	987.549	-11087.467	1.151	-234949.778	-0.019
28 - 29	505.540	477.055	28.48	29	1039.533	-9237.754	1.242	-250526.790	-0.018
29 - 30	506.684	494.012	12.67	30	1062.661	-7319.501	1.370	-262188.381	-0.017
30 - 31	452.432	496.879	-44.45	31	981.546	-5454.161	1.327	-270814.203	-0.015
31 - 32	431.304	473.357	-42.05	32	904.799	-3732.871	1.190	-277426.868	-0.014
32 - 33	371.860	445.732	-73.87	33	769.983	-2204.633	1.157	-282028.066	-0.012
33 - 34	338.749	431.948	-93.20	34	599.895	-954.619	1.151	-284523.838	-0.011
34 - 35	313.403	426.020	-112.62	35	394.370	-47.352	1.335	-285312.692	-0.009
35 - 36	300.014	430.701	-130.69	36	155.865	454.738	1.658	-285094.769	-0.007
36 - 37	251.605	379.898	-128.29	37	-78.270	525.543	1.246	-284459.603	-0.006
37 - 38	155.121	225.569	-70.45	38	-206.837	265.384	0.405	-283476.464	-0.004
38 - 39	179.349	86.912	92.44	39	-38.139	41.843	0.183	-282669.506	-0.003
39 - 40	49.176	30.829	18.35	40	-4.656	2.793	0.045	-282403.698	-0.001
40 - 41	3.880	0.000	3.88	41	0.000	0.000	--	-282366.144	0.000

Nama kapal : Hindiansari Motor

Kurva: $w(x)$ =beban merata [kN/m]
 $f(x)$ =gaya lintang [kN]
 $M(x)$ =momen lengkung [kN.m]
 $s(x)$ =defleksi memanjang [m]

Musikan penuh + consumables 100%

Sarat rata



Nama kapal : Gilimanani Motor

Kurva: w(x)=beban merata [kN/m]

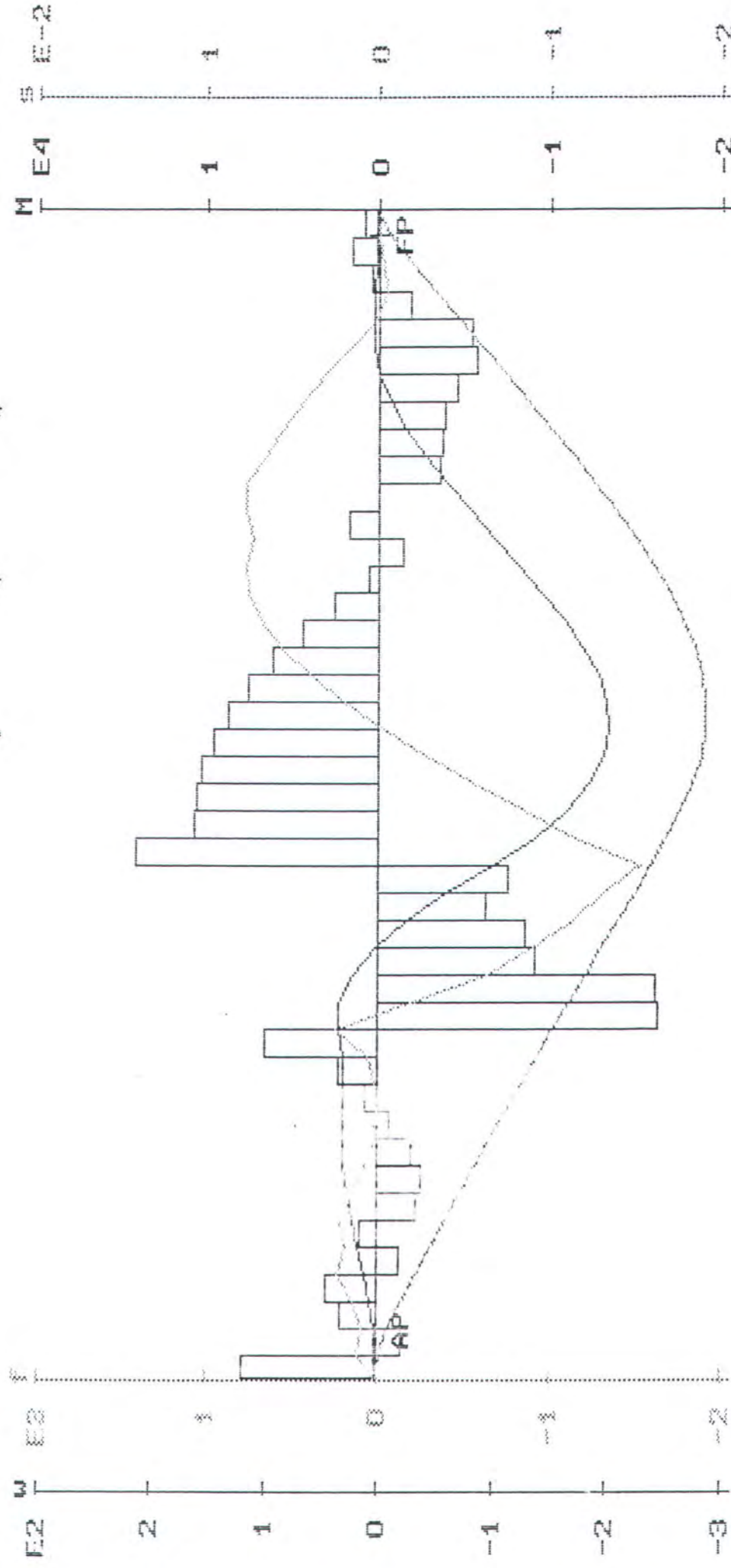
f(x)=gaya lintang [kN]

M(x)=momen lentang [kN.m]

s(x)=defleksi panjang [m]

titik perput + konsumsi 10%

dua puncak gelombang

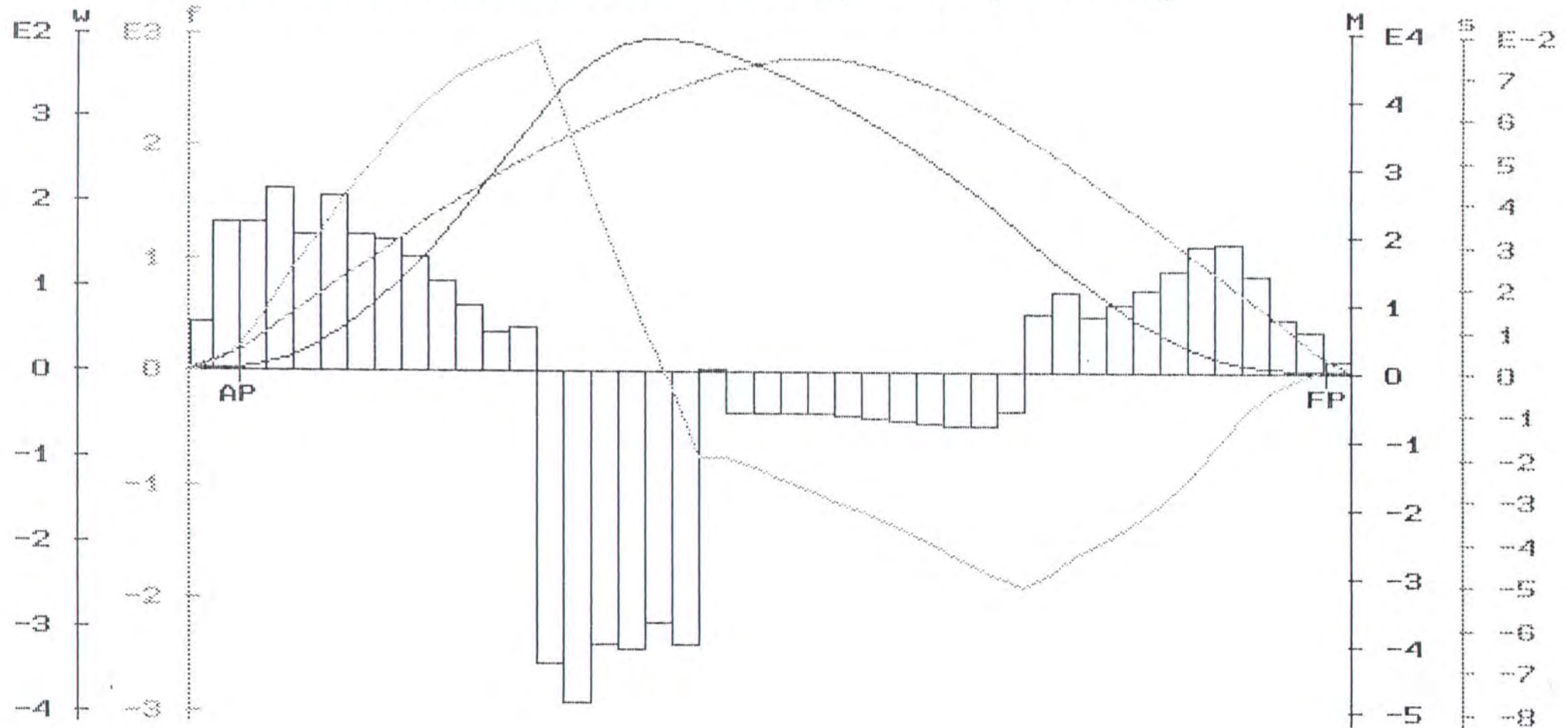


Nama kapal : *Rindamari Motor*

Kurva: $w(x)$ =beban merata [kN/m]
 $f(x)$ =gaya lintang [kN]
 $M(x)$ =momen lengkung [kN.m]
 $s(x)$ =defleksi memanjang [m]

Muatan penuh + consumables 10%

Batu penerak gelombang



Nama kapal : *Kindamari Motor*

Kurva: $w(x)$ =beban merata [kN/m]
 $f(x)$ =gaya lintang [kN]
 $M(x)$ =momen lengkung [kN.m]
 $s(x)$ =defleksi memanjang [m]

Muatan kosong + ballast
 Batu puncak gelombang

